



**Erarbeitung eines Konzepts für die Lagerungs- und
Transportverpackung grossformatiger Keramikobjekte der
Kantonsarchäologie Aargau**

Bachelorarbeit von:

Gaëlle Liengme

Für den Erhalt des:

Bachelor of Arts HES-SO in Conservation
Archäologische und ethnographische Objekte

Studienjahr 2014-2015

Abgabe der Arbeit: *20.07.2015*

Jury: *24./25.08.2015*

Seitenumfang: *85 Seiten (mit Anhang)*

Engagement

« J'atteste que ce travail est le résultat de ma propre création et qu'il n'a été présenté à aucun autre jury que ce soit en partie ou entièrement. J'atteste également que dans ce texte toute affirmation qui n'est pas le fruit de ma réflexion personnelle est attribuée à sa source et que tout passage recopié d'une autre source est en outre placé entre guillemets. »

Date et signature :

Danksagung

Als Erstes möchte ich mich sehr herzlich bei meinem stets zur Verfügung stehenden Praktikumsverantwortlichen Urs Lang, Restaurator der Kantonsarchäologie Aargau in Brugg, bedanken für seine Unterstützung und seinen Rat. Auch bei Thomas Kahlau und Hannie Villosz, Restauratoren der Kantonsarchäologie Aargau, möchte ich mich herzlich für ihre Hilfe bedanken. Ich danke auch Dr. phil. Christian Maise, Archäologe und Mitarbeiter der Kantonsarchäologie Aargau und Dr. phil. Regine Fellmann, Ressortleiterin Archäologische Sammlung der Kantonsarchäologie Aargau, für ihren Rat und ihr Fachwissen. Vielen Dank auch an das ganze Team der Kantonsarchäologie für den freundlichen Empfang.

Ich bedanke mich herzlich bei bei Bluenn Boulangé, Lehrerin an der Haute école Arc en conservation-restauration in Neuenburg, für die Zurverfügungstellung eines Stossmessgerätes und bei den für die Bachelorarbeiten zuständigen Lehrpersonen, insbesondere bei Valentin Boissonnas, für seinen Rat und seine Unterstützung sowie Régis Bertholon, Thierry Jacot und Tobias Schenkel,.

Weiter möchte ich mich auch bei den Restauratorinnen bedanken, welche bei meiner Umfrage zu den Verpackungsmaterialien und -methoden Auskunft gaben: Frédérique Tissier vom Archäologischen Dienst des Kantons Bern, Irene Engelhardt vom Kunsthistorischen Museum in Wien und Myriam Krieg vom Site et Musée Romain d'Avenches (SMRA).

Auch bei Thomas Holzer, Schreiner der Welte-Furrer Fine Art AG in Zürich, David Pazmino, Museumstechniker, und Erwin Hildbrand, Chemie-Laborant Konservierungsforschung, vom Sammlungszentrum des Schweizerischen Nationalmuseums, Affoltern-am-Albis, möchte ich mich herzlich für das Treffen und den Informationsaustausch bedanken.

Ich bedanke mich ferner bei Frau Sibylle Weber, Mitarbeiterin für Nationale Umzüge der Transportfirma Weber-Vonesch Transport AG, und Herrn Guido Schacher, Leitung Internationale Spedition und Transporte der Firma Gabriel Transport AG, für ihre Teilnahme an der Umfrage.

Schliesslich möchte ich mich herzlich bei Manon Léchenne für das Korrekturlesen der französischen Zusammenfassung bedanken. Ein ganz besonderer Dank geht an meine Eltern. Ohne ihre Unterstützung wäre die Arbeit gar nicht möglich gewesen.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Résumé	5
Abstract	6
Einleitung	7
1. Objektbeschreibung und Zustandserfassung	7
1.1. Bsw.007.2/9.1	8
1.2. Fic.013.2/2063.1	10
1.3. Lau.013.1/102.1	12
1.4. Lunkhofen 934. a.	13
1.5. Ober-Endingen 2382	15
1.6. V.89.3/46.366	17
1.7. Zur.004.2/218.1	18
2. Risiken eines Transports	19
2.1. Allgemeine Risikofaktoren	19
2.1.1. Einleitung zu den physikalischen Kräften	20
2.1.2. Schäden und ihre Ursachen	21
2.1.3. Massnahmen zur Vorbeugung	22
2.2. Der geplante Transport der Gefässe	24
2.2.1. Verladen	24
2.2.2. Transport	24
2.2.3. Ausladen	25
2.2.4. Vergleich des momentanen und zukünftigen Depots	25
3. Verpackung	26
3.1. Lagerungsverpackung	26
3.1.1. Verpackungsmaterialien für die Langzeitlagerung	26
3.1.2. Verpackungsmethoden für die Langzeitlagerung	29
3.1.3. Bewertung der aktuellen Stützstrukturen	31
3.1.4. Konzept für die Lagerungsverpackung der Keramikgefässe	32
3.1.5. Empfehlungen für die Handhabung der Verpackung und der Objekte	35
3.2. Transportverpackung	36
3.2.1. Verpackungsmaterialien für den Transport	36
3.2.2. Verpackungsmethoden für den Transport	38
4. Testreihe zur Stossdämpfung	40
4.1. Ausgewählte Kriterien für die Testreihe	40
4.2. Bericht über die praktische Durchführung	41
4.3. Fazit der Testfahrten	43

5. Herstellung einer Lagerungsverpackung	47
5.1. Herstellungsschritte	47
5.2. Abweichung vom theoretischen Konzept	48
Diskussion und Schlussbetrachtungen	49
Literaturverzeichnis	51
Abbildungsverzeichnis	56
Tabellenverzeichnis	59
Graphenverzeichnis	59
Abkürzungsverzeichnis	60
Anhang 1: Fotos	61
Anhang 2: Schemen des Zustandsberichts	66
Anhang 3: Referenztafel für die Objektfragilität	68
Anhang 4: Referenztabellen für wahrscheinliche Fallhöhen	69
Anhang 5: Berechnung der optimalen statischen Belastung anhand von Polsterungskurven	70
Anhang 6: Liste der befragten Institutionen	73
Anhang 7: Lieferantenverzeichnis	74
Anhang 8: Schemen der Lagerungsverpackungen	76
Anhang 9: Plan der Schachtel	79
Anhang 10: Einstellungen des ShockLog®-Gerätes	81
Anhang 11: Graphen zu den Testergebnissen	82

Zusammenfassung

In dieser Bachelorarbeit wurde das Konzept für die Lagerungs- und Transportverpackung von sieben grossformatigen archäologischen Keramikgefässen erarbeitet. Dazu wurden zuerst die Gefässe und die Risiken eines Transports untersucht. Bei den Transportrisiken handelt es sich hauptsächlich um physikalische Kräfte, welche einen besonders grossen Einfluss auf die Erhaltung von Keramik haben. Unter diesen Kräften werden Phänomene wie Stösse, Reibung, Vibration und Druck zusammengefasst.

Nach dem Vergleich von der gängigsten Verpackungsmaterialien und -methoden (durch eine Umfrage bei Kulturinstitutionen) wird ein Konzept für die Lagerungsverpackung erörtert und präsentiert. Die Lagerungsverpackung besteht aus zwei Teilen: ein Support und eine Schachtel. Der Support ist aus Ethafoam®-Stützen und Wabenkarton zusammengesetzt, welcher die Handhabung des Gefässes mitsamt Support ermöglicht. Die Schachtel wird aus säurefreiem Wellkarton hergestellt und dient bei der Lagerung als Staubschutz. Sie wird auch für den Transport verwendet.

Für die Definition des Konzepts der Transportverpackung wurden die gängigsten Materialien und Methoden (ebenfalls durch eine Umfrage bei Kulturinstitutionen und Kunsttransporteuren) verglichen. Die ausgewählte Methode ist eine Art vereinfachte Doppelkisten-Verpackung, bei welcher die äussere Kiste aus einer Palette mit einem Aufsetzrahmen besteht, die Lagerungsverpackung als innere Kiste und Polyether-Polyurethan-Schaumstoff für die äussere Polsterung verwendet wird. Bei einer Testreihe wird die Effizienz von verschiedenen Polsterungsmöglichkeiten, welche unter der inneren Kiste angebracht werden, untersucht. Es wurden ein Referenztest ohne Polsterung und fünf Tests mit unterschiedlichen Schaumstoffpolsterungen (flächendeckender 5 cm / 10 cm dicker Polyether-Polyurethan(PU)-Schaumstoff, flächendeckender 10 cm Polyethylen-Schaumstoff und Pads mit optimaler Belastung aus 5 cm / 10 cm dickem Polyether-PU-Schaumstoff) durchgeführt. Ausserdem wurde eine „Schnellverpackungs“-Methode getestet, bei welcher die zusammenhaltende Funktion der Kartonschachtel durch Stretchfolie ersetzt wird.

Bei der ersten Testreihe wurde der Transport, wie er für die Übersiedlung der Gefässe geplant ist (Strecke mit Handhubwagen und dem Auto), durchgeführt. Dabei erwies sich, dass die Polsterungen im Vergleich zum Referenztest die Stösse tatsächlich dämpfen. Jedoch hatten die verschiedenen Möglichkeiten eine ziemlich ähnliche Wirkung (nur der flächendeckende 5 cm dicke PU-Schaumstoff schnitt schlechter als die übrigen ab). Daher wurde in einer zweiten Testreihe die Effizienz der Varianten im Extremfall durch einen Falltest überprüft. Bei diesen Tests wurden die innere Kiste auf einer Wabenplatte und die Polsterungen an dieser Platte befestigt. Anschliessend wurde die Konstruktion von 60 cm Höhe fallengelassen. Durch diesen Test konnte die Variante mit 10 cm dicken PU-Schaumstoffpads als beste Lösung identifiziert werden.

Diese Arbeit wird durch die praktische Herstellung einer Lagerungsverpackung und deren Dokumentation abgeschlossen.

Résumé

Ce travail de Bachelor présente l'élaboration d'un concept de conditionnement de stockage et de transport pour sept céramiques archéologiques de grand format.

La documentation des objets et des risques lors d'un transport sont présentés dans les deux premières parties. Lors d'un transport les risques les plus importants sont les forces physiques, tels que les chocs, l'abrasion, les vibrations et la pression. Ils ont une grande influence sur la conservation des céramiques.

Le concept du conditionnement de stockage est défini d'après la comparaison des matériaux et des méthodes les plus utilisés dans les institutions patrimoniales (selon une enquête préalable). Il s'agit d'un conditionnement en deux parties : un support et une boîte. Le support est composé d'une structure de soutien en mousse de polyéthylène (PE) et d'un carton nid-d'abeilles, qui facilite la manipulation du support. La boîte est réalisée en carton ondulé sans acide et protège l'objet de la poussière lors du stockage. Cette boîte sera également utilisée pour le transport.

Une comparaison des matériaux et des méthodes du conditionnement de transport est également réalisée (selon une enquête auprès d'institutions patrimoniales et de transporteurs d'art). Le concept retenu est une version simplifiée de la méthode de double-caisse : la caisse extérieure est remplacée par une palette avec un cadre, la boîte du conditionnement de stockage fait office de caisse intérieure et le calage est réalisé avec de la mousse de polyuréthane éther (PU éther). L'efficacité de différents modes de calage (sous la caisse intérieure) est comparée par une série de tests. Un test de référence sans calage et cinq tests avec différents calages ont été réalisés. Les tests s'intéressent à l'efficacité de l'absorption de chocs d'un recouvrement de la surface complète ou partielle avec différentes mousses. Le recouvrement complet est testé avec de la mousse PU éther de 5 et 10 cm d'épaisseur et de la mousse de PE de 10 cm. Le recouvrement partiel (charge optimale) est testé avec de la mousse PU éther de 5 et 10 cm. Une méthode d'emballage rapide, où la boîte est remplacé par du film étirable, a également été testée.

Dans la première série de tests, l'itinéraire de transport a été effectué comme il est prévu initialement (parcours avec transpalettes et voiture). Une différence nette a pu être constatée entre l'utilisation ou non de mousse de calage. Cependant, les différents modes de calage se sont avérés pratiquement équivalents (la mousse de PU éther de 5 cm recouvrant toute la surface fait exception et est moins efficace). Pour mieux différencier les modes de calage, une deuxième série de tests a été menée. Cette fois un test de chute a mis à l'épreuve leur efficacité. Pour ce test, la boîte de carton a été fixée sur un carton nid-d'abeilles, sous lequel le calage a été attaché. Nous avons laissé tomber le tout d'une hauteur de chute de 60 cm. Les résultats de ce test nous ont permis de choisir la méthode la plus efficace, à savoir la mousse de PU éther de 10 cm recouvrant partiellement la surface.

Le dernier chapitre de ce travail présente la réalisation d'un conditionnement de stockage et les différences entre la théorie et la pratique.

Abstract

This Bachelor thesis presents the conception of a packing design for the storage and the transport of seven large archaeological clay pots.

The pots and the risks of a transport were first examined. The major risks of a transport are the physical forces, which have a great influence on the preservation of ceramics. Shocks, abrasion, vibration and pressure are the main force-related effects.

The design of the packing system for the storage was determined by the comparison of the mostly used materials and methods (according to a survey among heritage institutions). The system is made of two parts: a mount and a box. The mount is made of polyethylene (PE) foam support structure and a honeycomb cardboard panel for the manipulation of the object with the mount. The box is made of acid-free corrugated board and allows the protection of the object from dust. It is also used for the transport.

The common materials and methods were equally compared for the definition of the packing design for the transport (a survey among heritage institutions and art transport companies was carried out as well). A simplified version of the double case packing system was chosen. The outer case is composed of a pallet with a pallet collar; the storage box is used as inner case as well as polyurethane (PU) ether foam for the cushioning. The performance of different cushioning designs placed under the inner Box was tested in a series of tests (complete cushion coverage with 5 cm / 10 cm thick PU ether foam, complete cushion coverage with 10 cm thick PE foam and Pads with optimal static loading of 5 cm / 10 cm thick PU ether foam). An additional method of rapid packaging, where the inner box is replaced by the use of stretch film, was tested too.

The first series of measurements was realized under the real transport conditions (with a pallet truck and a car). This test proved that the use of cushioning material reduces the shocks during the travel. However it was not possible to decide which solution is the most performing, because the shock levels were almost the same except from the complete cushion coverage with 5 cm thick PU ether. Therefore a series of drop tests was carried out. In these tests the inner box was fixed to a honeycomb cardboard panel to which the different cushioning systems were attached. Afterwards this construction was dropped from a 60 cm height. Thanks to this series of tests the design with the 10 cm thick PU foam pads was identified to be the most performant.

The last part of this thesis presents the manufacturing of the storage packing for one of the seven clay pots.

Einleitung

Diese Bachelorarbeit wurde im Rahmen eines Praktikums in der Kantonsarchäologie des Kantons Aargau in Brugg geschrieben. Ihr Thema ist die Erarbeitung des Konzepts für die Lagerungs- und Transportverpackung von sieben grossformatigen Keramikgefässen. Diese Erarbeitung ist nötig, denn ein Depotwechsel der Gefässe ist wegen Platzmangels in den nächsten Jahren vorgesehen. Das Ziel der Arbeit ist es also, ein möglichst einfaches und anpassbares Konzept zu erarbeiten, welches von den Restauratoren des Labors umsetzbar ist. Die Verpackung soll folglich, soweit es geht, mit einem möglichst geringen Arbeitsaufwand und mit nicht allzu teurem Material, herstellbar sein. Zu diesen Kriterien fügt sich für die Lagerungsverpackung noch die Langzeitstabilität der Materialien hinzu.

Diesen sieben Gefässen wird eine besondere Aufmerksamkeit zuteil, da sie ein sehr wichtiger Bestandteil der archäologischen Sammlung des Kantons Aargau sind. So gut erhaltene Gefässe aus der Bronzezeit sind im Kanton Aargau eine Seltenheit. Auch das römische Dolium ist wegen seiner Vollkommenheit ein seltenes Objekt, denn häufig sind nur Rand- oder Bodenfragmente erhalten. Da es im Kanton Aargau kein allgemeines Museum für Archäologie gibt, können die Objekte nicht ausgestellt werden und befinden sich daher im Depot der Kantonsarchäologie.

Zuerst werden die Objekte und ihr Erhaltungszustand als Basis für die Konzepterarbeitung präsentiert. Die Dokumentation des Zustands der Objekte ist auch für die Einschätzung ihrer Fragilität wichtig. Anschliessend werden in einem theoretischen Teil die Risiken eines Transports im Allgemeinen und spezifisch für den geplanten Transport ausgeführt.

Im dritten Kapitel werden die Materialien und Methoden, welche für die Verpackung von Kulturgütern verwendet werden, in zwei Teilen vorgestellt: als erstes für die Lagerungsverpackung und als zweites für die Transportverpackung. Das Konzept für die Lagerungsverpackung wird ebenfalls in diesem Kapitel durch den Vergleich von verschiedenen Methoden erarbeitet und beschrieben. Für die Transportverpackung werden in diesem Kapitel lediglich die Materialien und Methoden präsentiert.

Die Erarbeitung des Konzepts der eigentlichen Transportverpackung wird im Kapitel 4 durch eine Testreihe zur Stossdämpfung bestimmt. Diese Tests wurden zur Unterscheidung der verschiedenen Polsterungsmöglichkeiten durchgeführt, um die beste Lösung spezifisch für die Keramikgefässe zu finden.

Das letzte Kapitel dieser Arbeit dokumentiert die Herstellung einer Lagerungsverpackung und streicht die Unterschiede zwischen Theorie und Praxis hervor.

Der Transport der Objekte ins neue Depot ist nicht Teil dieser Arbeit.

1. Objektbeschreibung und Zustandserfassung

Der erste Schritt bei der Ausarbeitung des Konzepts einer Verpackung ist die Zustandserfassung der Objekte. Nur so ist es möglich einzuschätzen wie fragil ein Objekt ist, und an welchen Stellen es

unterstützt werden kann bzw. muss. Dieser Schritt ist auch wichtig, um die Risiken eines Transports einschätzen zu können, damit man in einem zweiten Schritt mögliche Beschädigungen durch eine sachgerechte Verpackung so gering wie möglich halten kann.

Die Fachbegriffe der Beschreibung werden falls nicht weiter vermerkt gemäss Literatur (Nagy, 1999 / Grüniger, 1965 / Kunow, J. *et al.*, 1986) und der Fachkenntnisse des Archäologen Christian Maise, Mitarbeiter der Kantonsarchäologie verwendet.

1.1. Bsw.007.2/9.1



Abb. 1 Gesamtansicht des Gefässunterteils
Bsw.007.2/9.1¹

Inventar-Nr.
Bsw.007.2/9.1
Fundort, -jahr
Boswil – Eibolde, 2007
Datierung
Späte Frühbronzezeit (ca. 1650-1500 v. Chr.) ²
Masse
Höhe: ca. 50 cm Durchmesser (max.): 87 cm Gewicht: 17 kg (geschätzt)

Beschreibung

Bei diesem Objekt handelt es sich um den unteren Teil eines grossen grobkeramischen Vorratsgefässes. Auf der Innenseite ist der Ton grau-braun und von Hand verstrichen. Das äussere Fünftel der Gefässwand ist beige, die Aussenseite beige-rötlich mit mehreren dunkelbraun-grauen Flecken und mit einer Schlickrauhung mit Fingerstrich überzogen. Die Magerung ist auf der Aussenseite teilweise freiliegend und besteht aus mittelgrossen glänzenden, kantigen Partikeln mit vereinzelt grossen weisslich-grauen kantigen Partikeln. Es könnte sich dabei um Steingrus handeln, welches aus zerstoßenen Gneis- oder Granitbrocken hergestellt wurde³.

Das Gefäss ist leicht verformt – die Wände sind auf ca. 2/3 der Höhe nach aussen geknickt und das ganze Gefäss hat eine leicht ovale Form. Der Boden ist etwa zu 95% fehlend und durch eine Stützergänzung aus Gips vervollständigt.

¹ Für mehr Fotos siehe Anhang 1, S.61, Abb. 31/32.

² Schaer und Rigert, 2008, S.34.

³ Nagy, 1999, S.54.

Die Fragmente, welche nicht angebracht werden konnten, werden in Polyethylen-Plastiktüten (PE) im Inneren des Gefässes aufbewahrt. Drei Teile des Randes, welche mit gekreuzten Fingertupfenleisten verziert sind (siehe Abb. 2), werden separat in einem Kompaktus®-Regal aufbewahrt.

Restaurierung

Das Gefäss wurde als Block geborgen, anschliessend von innen her freigelegt und mit Dispersion K9® (Rein-Acryldispersion von Kremer Pigmente GmbH, Nachfolgeprodukt von Primal® AC 33) und Japanpapier gefestigt (Abb. 3: orange). An einigen Stellen wurde die Dispersion K9® direkt auf den Ton ohne Japanpapier aufgetragen.

Danach wurden Stützergänzungen aus Gips angefertigt. Der Boden und ein Teil der unteren Wandscherben wurden von einem Stein nach aussen gedrückt und konnten daher nicht am Gefäss belassen werden. Diese Stellen wurden daher auch mit Gips ergänzt.

Um die Struktur weiter zu verstärken, wurden an fragilen Stellen (Brüche) Glasfaserstreifen mit Paraloid® B-72 angebracht (Abb. 3: dunkelblau). Einige der oberen Fragmente wurden nicht mit Japanpapier gefestigt, sondern mit Paraloid® B-72 zusammengeklebt (Abb. 3: hellblau).



Abb. 2 Rekonstruktion des Vorratsgefässes mit den gekreuzten Fingertupfenleisten oberhalb der Schulter (©Schaer und Rigert, 2008)

Erhaltungszustand

Die zwei grösseren Ergänzungen im oberen Bereich haben sich jeweils auf einer Seite von der Keramik gelöst, was wahrscheinlich durch das Eigengewicht der Fragmente in Verbindung mit der Bewegung des Gefässes ausgelöst wurde. Die grosse Ergänzung, welche den Boden und einen Teil der Gefässwand ersetzt, wurde an den Rändern mit senkrecht zum Rand liegenden Glasfaserstreifen gefestigt, weist



■ Abgelöste Ergänzungen ■ Geklebte Fragmente □ Gips
 ■ Glasfaserstreifen ■ Japanpapier-Festigung ■ 5 cm

Abb. 3 Kartierung der Restaurierungen und Schäden

jedoch auch eine Abtrennung vor (Abb. 3: gelb).

Auf der Aussenseite des Gefässes sind noch Sedimentablagerungen vorhanden, welche schon bei leichter Berührung abbröckeln. Die Oberfläche ist von feinen oberflächlich (1-2 mm) bis tiefen (ca. 5-7 mm – bis zur Hälfte der Wanddicke) Rissen durchzogen, welche an den Fragmenträndern zu Abplatzungen geführt haben und bei Erschütterungen zu weiteren Schäden führen könnten.

Ein Fragment, welches nicht in einer Plastiktüte war, liegt auf dem Boden des Gefässes und ist wahrscheinlich vom oberen Rand abgebrochen.

Stützstruktur (Abb. 4)

Das Gefäss steht auf einer 2 cm dicken mitteldichten Faserplatte (MDF-Platte) und wird durch acht 3 cm dicke Plastazote®-Stege – welche nicht an der MDF-Platte befestigt, aber mit Hitze zusammengeschweisst wurden – von allen Seiten gestützt. Die Struktur wird zusätzlich mit Stretchfolie aus PE zusammengehalten, welche die Stützen z.T. etwas verbiegt, jedoch den Kontakt zum Gefäss verbessert. Vier von den acht Stegen liegen an der Keramik an, da sie zusätzlich



Abb. 4 Stützstruktur des Gefässes Bsw.007.2/9.1

zum Plastazote®-Steg mit 1 cm dicken Plastazote®-Streifen an die Form angepasst wurden. Die anderen vier haben jeweils einen Abstand von ca. 5 mm zum Gefäss. Zwischen der Palette und der MDF-Platte befindet sich eine Polsterung aus 1,5 cm dicken Ethafoam®-Platten.

1.2. Fic.013.2/2063.1



Abb. 5 Seitenansicht des Gefässes Fic.013.2/2063.1⁴

Inventar-Nr.
Fic.013.2/2063.1
Fundort, -jahr
Frick – Gänsacker, 2013
Datierung
Frühe Spätbronzezeit (1350-1050 v.Chr.) ⁵
Masse
Höhe: 41,5 cm
Durchmesser: 46 cm
Gewicht: 7,8 kg

Beschreibung

Bei diesem Gefäss handelt es sich um eine bauchige grobkeramische Schräg- oder Trichterrandurne⁶. Der Ton ist auf der Innenseite grau-braun, das äussere Drittel ist rötlich und auf der Aussenseite ist er dunkelbraun-grau mit vielen rötlichen Flecken. Der Rand und die Schulter sind geglättet und der untere Teil ist bis zum Gefässboden schlickgerauht mit leichtem Fingerstrich und die Magerungskörner liegen

⁴ Für mehr Fotos siehe Anhang 1, S.61, Abb. 33.

⁵ Hochuli *et al.*, 1998, S.18

⁶ Vgl. Kimmig, 1947, Tafel 49, C6 / Grimmer-Dehn, 1991, S.30.

frei. Die Magerung besteht aus mittelgrossen mit vereinzelt grossen weisslich-grauen abgerundeten Partikeln. Es handelt sich dabei um zerstossene Muschelschalen, welche auf der Aussenseite noch teilweise erkennbar sind.

Der untere Teil des Gefässes ist ca. zu 90 % erhalten und der Boden ist vollständig. Der obere Teil ist nur ca. zur Hälfte erhalten. Die Verbindung zwischen den zwei Teilen besteht nur noch durch wenige Fragmente (ca. 13 cm). Ein Stück des Randes konnte nicht passend angebracht werden und wird separat aufbewahrt.

Restaurierung

Als erstes wurde das Gefäss mit einem Pinsel und Wasser gereinigt. Anschliessend wurde es mit Paraloid® B-72 geklebt und durch Gipsergänzungen, welche mit Wasserfarben farblich integriert wurden, gestützt. Im unteren Teil wurde die Gefässinnenseite mit Japanpapier und Paraloid® B-72 gefestigt.

Erhaltungszustand

Der Boden des Gefässes ist nicht ganz flach, was die Stabilität etwas verringert. Im unteren Teil bewegt sich ein Fragment bei der Berührung leicht (Abb. 6). Dieses Bruchstück ist eine ca. bis zur Mitte der Gefässwand gehende Absplitterung eines grösseren Fragments. Entlang der oberen Kante der zwei grössten Ergänzungen sieht man einen durchgehenden Riss zwischen Gips und Keramik (Abb. 6 (gelb) und Anhang 2, S.66, Abb. 50). Diese



Abb. 6 Lokalisierung des losen Fragments (rechts)

Risse entstanden entweder bei der Nachbearbeitung des Gipses in trockenem Zustand (durch die Vibrationen) oder bei einer Handhabung (z.B. Tragen) des Gefässes. Sie könnten jedoch auch durch das Eigengewicht der Keramik bedingt sein, welches durch die Schwerkraft die Verbindung zwischen Ergänzung und Gefäss belastet.

Stützstruktur

Das Gefäss steht direkt auf einer Wabenplatte. Zwei 8 cm dicke Ethafoam®-Keile, welche nicht an der Wabenplatte befestigt sind, stützen das Gefäss von unten. Der Teil des Randes, welcher neben dem Gefäss liegt, wird ebenfalls von zwei losen Ethafoam®-Keilen gestützt.

1.3. Lau.013.1/102.1



Abb. 7 Seitenansicht des Gefässunterteils Lau.013.1/102.1⁷

Inventar-Nr.
Lau.013.1/102.1
Fundort, -jahr
Laufenburg – Siechbifang, 2013
Datierung
Frühe Spätbronzezeit (1350-1050 v.Chr.) ⁸
Masse
Höhe (max.): ca. 50 cm Durchmesser (max.): ca. 65 cm Gewicht: 9,4 kg

Beschreibung

Bei diesem Objekt handelt es sich um den unteren Teil eines bauchigen Grobkeramikgefässes. Die Innenseite des Gefässes ist braun-grau und von Hand verstrichen. Die Aussenseite ist braun-rötlich mit einigen dunkelbraunen Flecken und hat einen Schlickauftrag. Die Magerung des Gefässes besteht hauptsächlich aus glänzenden grauen, kantigen Partikeln von mittlerer Grösse mit vereinzelt grossen weisslich-grauen, kantigen Partikeln. Es könnte sich dabei um Quarzsand mit vereinzelt Granitpartikeln handeln.

Ein Bruchstück der Schulter wurde am unteren Teil angebracht, der Rest des Oberteils ist in zahlreiche Fragmente zerbrochen und wird separat in Rako®-Kisten aufbewahrt. Der Boden ist vollständig erhalten.

Restaurierung

Das Gefäss wurde als Block geborgen, von der Innenseite her freigelegt und anschliessend mit einem Schwamm und Wasser gereinigt. Die Innenseite wurde im unteren Teil des Gefässes mit Japanpapier und Plextol® D540 (mit 25 % Festkörperanteil) gefestigt. Die Fragmente des oberen Teils wurden mit Paraloid® B-44 (40% in Aceton) geklebt. Ergänzungen aus Gips – mit Wasserfarbe farblich integriert – stützen das Gefäss an den Schwachstellen.

Erhaltungszustand

Ein kurzes Stück (ca. 1 cm) einer Ergänzung hat sich von der Keramik gelöst (Abb. 8: gelb), jedoch ist der Riss nur von einer Seite sichtbar (nicht durchgehend). Zwei Fragmente sind in der Dicke gespalten (Abb. 8: violett).

⁷ Für mehr Fotos siehe Anhang 1, S.61, Abb. 34.

⁸ Hochuli *et al.*, 1998, S.18



■ Abgelöste Ergänzung ■ Längsspaltung ■ 5 cm

Abb. 8 Zustandsbeschreibung des Gefässes Lau.013.1/102.1

Stützstruktur

Das Gefäss steht auf einem Wabenkarton mit einer Zwischenpolsterung aus 5 mm dickem Ethafoam®. Es wird durch vier Keile aus 8 cm dickem Ethafoam® von unten gestützt. Diese Stützen wurden mit Heissleim am Wabenkarton angeklebt und mit je einer Schraube befestigt. Sie sind nur an wenigen Stellen in direktem Kontakt mit dem Gefäss.

1.4. Lunkhofen 934. a.



Abb. 9 Seitenansicht des Gefässes Lunkhofen 934.a.⁹

Inventar-Nr.
934.a.
Fundort, -jahr
Unter-Lunkhofen, 1898 erworben
Datierung
Hallstattzeit (ca. 800-500 v.Chr.) ¹⁰
Masse
Höhe: ca. 48 cm
Durchmesser (max.): ca. 48 cm
Gewicht: 13,5 kg

Beschreibung

Dieses Gefäss ist ein als Urne verwendeter Kegelhalstopf¹¹ mit hochsitzendem Bauchumbruch und einziehendem Unterteil. Die Farbe des Tons ist lediglich aussen sichtbar, da die Innenseite zum grössten Teil mit Gips bedeckt ist und die sichtbaren Fragmente mit einer schwarzen Ablagerung bedeckt sind. Auf der Aussenseite ist der Ton hellgrau-braun gegen den Boden hin dunkelgrau-braun mit vereinzelt

⁹ Für mehr Fotos siehe Anhang 1, S.62, Abb. 35/36.

¹⁰ Sangmeister, 1993, S.90-91.

¹¹ Vgl. Lüscher, 1993, S.165 und Tafel 18, 166.

rötlichen Flecken im mittleren Bereich. Die Oberfläche war wahrscheinlich geglättet, jedoch wurde sie abgewittert – vor allem im unteren Teil. Die Magerungskörner mittlerer Grösse, die eher kantig und glänzend sind, liegen dadurch etwas frei und es könnte sich um Quarzsand handeln.

Restaurierung

Das Gefäss wurde wahrscheinlich Ende des 19. Jh. / Beginn des 20. Jh. restauriert. Es wurde mit einem unbekannten Klebstoff geklebt und anschliessend ergänzt (wahrscheinlich mit Gips), sodass es vollständig zu sein scheint. Auf der Innenseite sieht man nur noch vereinzelt die Keramik, da der Gips grossflächig aufgetragen wurde. An der Innenseite des Randes sieht man Klebstreifen, welche vermutlich erst zu einem späteren Zeitpunkt angebracht wurden, da er erst in den 1930er Jahren erfunden wurde¹².

Zum Zeitpunkt der Restaurierung dieses Gefässes wurden für die Keramikrestaurierung noch hauptsächlich Klebstoffe aus natürlichen Produkten verwendet. Man nutzte sowohl Klebstoffe organischer Natur wie Knochenleim, Kaseinleim, Fischleim oder Schellack, als auch anorganischer Herkunft wie Wasserglas oder ein sogenanntes Kaltleimpulver mit dem Namen „Beticol extra T“. Der Knochen- und Fischleim hatten jedoch den Nachteil feuchtigkeitsempfindlich zu sein und der Knochenleim wurde bei trockener Atmosphäre spröde. Im Vergleich dazu waren Kaseinleim und Schellack weniger empfindlich, da sie wasserfest waren. Schellack wurde entweder in Spiritus gelöst aufgetragen oder mit dem Bunsenbrenner geschmolzen und auf die Klebstelle getropft, verlor jedoch an Klebekraft falls er zu fest erhitzt wurde. Das Kaltleimpulver „Beticol extra T“ wird in der Publikation von Dr. E. Sauer „Leim und Gelatine“¹³ wie folgt beschrieben: *„Einen neutralen Leim von hoher Klebkraft liefert das α -naphthalinsulfosaure Natron“*. Dieser Klebstoff wurde damals von der Scheidemandel AG für chemische Produkte produziert und hatte den Vorteil, dass er nicht schimmelte. Gegen Ende des 19. Jh. wurden erstmals auch synthetische Klebstoffe auf Cellulosebasis verwendet¹⁴.

Erhaltungszustand

Zwei der Ergänzungen sind durchgehend gebrochen, wobei der eine Bruch in der Mitte der Ergänzung liegt und der andere am Anschluss zur Keramik (Abb. 10: rot und Anhang 2, S.66, Abb. 51). An einer Stelle in der Gefässmitte ist eine Klebung gebrochen (Abb. 10: grün). Diese



Abb. 10 Kartierung des Erhaltungszustands (links: Lunkhofen 934.a. / rechts: Ober-Endingen 2382)

¹² Koch + Schröder GmbH, 2012 [online].

¹³ Sauer, 1927, S.47.

¹⁴ Wihr, 1977, S.260-261.

Brüche sind wahrscheinlich durch einen Transport oder ein Schlag (z.B. durch bruskes Abstellen) verursacht wurden. Zwei Ergänzungen unterhalb der Schulter sind von oberflächlichen Rissen (< 1 mm tief) durchzogen (Abb. 10: rosa). Das Gefäss ist auf der Innenseite von einem schwarzen, pulvrigen Rückstand (Russ?) überzogen und es befinden sich Asche und Holzspäne auf dem Gefässboden. Der Klebstreifen (auf der Innenseite des Randes) hat sich gelb verfärbt und löst sich an den Enden.

Stützstruktur

Das Gefäss befindet sich in einer „Bananenkiste“ und steht auf einem weiss bemalten ca. 3,5 cm dicken Holzbrett. Es wird durch vier Styropor®-Platten von einer Seite her stabilisiert.

1.5. Ober-Endingen 2382



Abb. 11 Seitenansicht des Gefässes Ober-Endingen 2382¹⁵

Inventar-Nr.
2382
Fundort, -jahr
Endingen, 1914
Datierung
Frühe Spätbronzezeit (1350-1050 v.Chr.) ¹⁶
Masse
Höhe: ca. 54 cm
Durchmesser (max.): ca. 60 cm
Gewicht: 17,1 kg

Beschreibung

Dieses Gefäss ist eine grobkeramische Zylinderhalsurne¹⁷ mit kurzem abgesetztem Hals und einem kleinen Schrägrand. Sie hat ein einziehendes Unterteil und einen leichten Wandknick. Der Ton ist auf der Innenseite hellgrau und auf der Aussenseite hellgrau mit vermehrten rötlichen Flecken. Die Aussenseite wurde wahrscheinlich geglättet, ist aber leicht abgewittert. Die dadurch sichtbaren Magerungskörner sind wie beim Gefäss von Lunkhofen kantige, glänzende Partikel von mittlerer Grösse und es handelt sich wahrscheinlich um Quarzsand.

Restaurierung

Das Gefäss wurde zu Beginn des 20. Jh. restauriert. Es wurde mit einem unbekannten Klebstoff zusammengefügt und anschliessend mit Gips ergänzt und farblich integriert. Auf der Innenseite kann man eine Festigung aus Textilstreifen sehen, welche mit einem ebenfalls unbekannten Klebstoff

¹⁵ Für mehr Fotos siehe Anhang 1, S.62, Abb. 37.

¹⁶ Hochuli *et al.*, 1998, S.18

¹⁷ Vgl. Fischer, 1994, S.48 / Unz, 1982, S.197, Abb.4.

angebracht wurden. Dieser ist grau-grün, dick aufgetragen (1-2 mm) und hat eine glänzende Oberfläche. Da der Klebstoff lückenhaft aufgetragen ist, kann man das Textil sehen.

Erhaltungszustand

Das Gefäss wurde durch viele Ergänzungen und eine innere Festigung mit Textilstreifen stabilisiert. Einige der Ergänzungen haben oberflächliche Risse (weniger als 1 mm tief), welche sich netzartig ausbreiten (Abb. 10: rosa und Anhang 2, S.66, Abb. 51/52). Sie sind wahrscheinlich durch die Degradation des verwendeten Bindemittels entstanden. Der Klebstoff der Textilfestigung weist an mehreren Stellen dieselbe Art von Rissen auf (Abb. 12). Es könnte sich daher bei diesem Klebstoff um einen Leim tierischer Herkunft handeln, da diese bei trockener Atmosphäre spröde werden können¹⁸. Das Textil hat eine gelbliche Färbung (Abb. 12: rechts oben), was auf dessen chemischen Zerfall durch Oxydation hindeuten kann¹⁹.

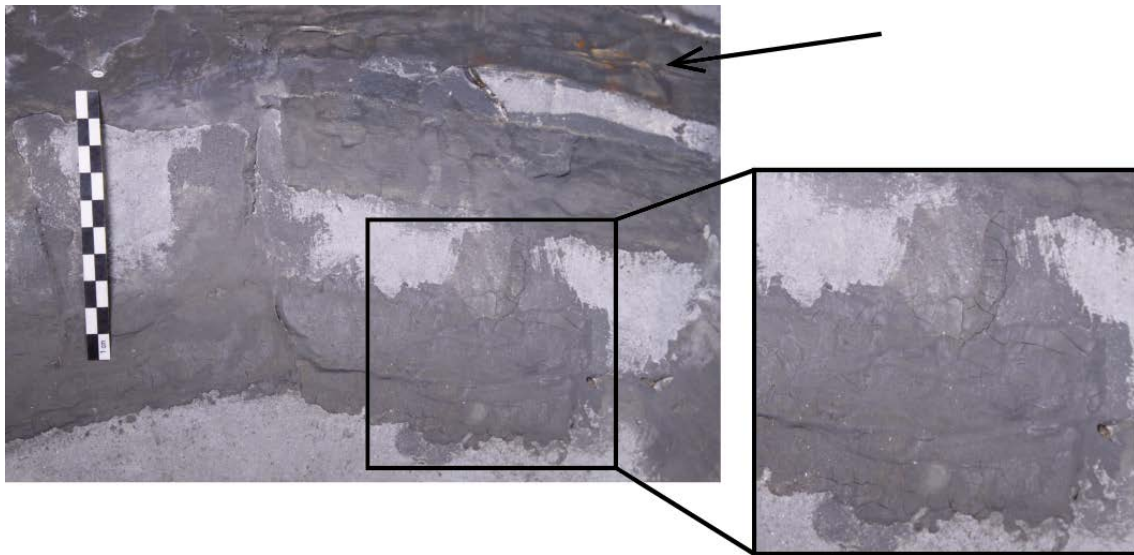


Abb. 12 Oberflächliche Risse des Klebstoffs der Textilfestigung auf der Innenseite des Gefässes. Rechts oben sieht man das gelbliche Textil (Massstab: 10 cm)

An drei Ergänzungen im unteren Bereich ist eine gelbe Ablagerung zu sehen. Es könnte sich – nach Betrachtung mit dem Binokular – um Reste eines Polyurethan-Schaumstoffes handeln, welche am Gefäss haften blieben. Dieser Schaumstofftyp wurde oft für die Polsterung von fragilen Objekten verwendet und verfärbt sich beim Altern gelblich²⁰. Im Inneren des Gefässes befinden sich Spinnenweben und auf dem Boden ist eine sandige Staubablagerung mit Insektenresten.

¹⁸ Wihr, 1977, S.260.

¹⁹ ICC, 2013 [online].

²⁰ Pellizzi, 2012 [online], S.13-17.

Stützstruktur

Das Gefäss befindet sich in einer „Bananenkiste“ und steht auf zwei übereinanderliegenden Styropor®-Platten (im Ganzen ca. 7 cm dick). Die Konstruktion ist wackelig, da die obere Platte breiter ist als die untere.

1.6. V.89.3/46.366



Abb. 13 Seitenansicht des Doliums V.89.3/46.366²¹

Inventar-Nr.
V.89.3/46.366
Fundort, -jahr
Windisch – Cardinal, 1989
Datierung
1. Jh. nach Chr. (römisch)
Masse
Höhe: ca. 75 cm Durchmesser (max.): ca. 60 cm Gewicht: 20 kg (geschätzt)

Beschreibung

Es handelt sich bei diesem Objekt um ein Dolium mit Horizontalrand (Typ Vindonissa 88)²². Der Ton ist grau, feingemagert und reduzierend gebrannt – die Aussenseite ist schwarz, geglättet und man kann ein Glättmuster (vertikale Linien) erkennen. Oberhalb der Schulter befindet sich eine gekerbte ca. 1 cm breite Leiste. Eine glatte ca. 5 mm breite Leiste befindet sich im unteren Teil des Doliums auf ca. 1/5 der Gesamthöhe. Das Gefäss ist hauptsächlich im oberen Teil durch Ergänzungen vervollständigt – eine der Ergänzungen macht ca. 1/5 des ganzen Gefässes aus. Diese Ergänzung übernimmt die Leiste oberhalb der Schulter, aber nicht die vertikalen Linien.

Restaurierung

Das Gefäss wurde am Ende des 20. Jh. geklebt (wahrscheinlich mit Paraloid® B-72²³), vollständig mit Gips ergänzt und farblich integriert.

²¹ Für mehr Fotos siehe Anhang 1, S.62/63, Abb. 38-40.

²² Wyss, 2005, Teil II, Grube 46 / Schucany *et al.*, 1999, S.77-78.

²³ Paraloid® B-72 wurde ab 1950 für die Konservierung von Metallobjekten verwendet (Whitten *et al.*, 2014 [online], Paraloid® B-72).

Erhaltungszustand

Im mittleren Bereich des Gefässes kann man mehrere Brüche erkennen, die entlang dem Anschluss zwischen Ergänzung und Gefäss (vor allem bei der grössten Ergänzung) verlaufen. An einigen Stellen sind die Ergänzungen auch in der Mitte gebrochen, wobei sich Gipsfragmente lösen könnten (Abb. 14 und Anhang 2, S.66-67, Abb. 53 - 55). Ein Stück der Ergänzung ist bereits herausgefallen und liegt nebst einem Papierzettel, einigen Papierschnipseln und einer sandigen Ablagerung auf dem Gefässboden.



■ Gebrochene Ergänzungen ■ Lose Gipsfragmente ■ 5 cm

Abb. 14 Kartierung des Erhaltungszustandes des Doliums V.89.3/46.366

Stützstruktur

Das Gefäss steht auf einer Holzpalette und ist von allen Seiten her mit Zeitungspapier, Papierschnipseln, PS-Chips, Karton und weiteren Materialien gepolstert. Ein Fahrradschlauch hält das Gefäss unterhalb der Schulter zusammen.

1.7. Zur.004.2/218.1

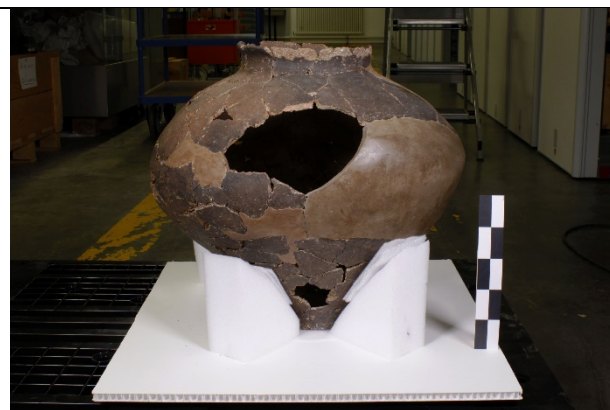


Abb. 15 Seitenansicht des Gefässes Zur.004.2/218.1²⁴

Inventar-Nr.
Zur.004.2/218.1
Fundort, -jahr
Zurzach – Uf Raine, 2004
Datierung
Hallstatt D (700-500 v.Chr.) ²⁵
Masse
Höhe: 48 cm
Durchmesser (max.): ca. 53 cm
Gewicht: 9,5 kg

Beschreibung

Es handelt sich hier um ein bauchiges Vorratsgefäss²⁶ mit einem rundausbiegenden Steilrand. Der Ton ist auf der Innenseite rötlich-braun und von Hand verstrichen. Die Innenseite des Randes und die Aussenseite des Gefässes sind dunkelbraun-grau – letztere mit einigen rötlichen Flecken –, was auf

²⁴ Für mehr Fotos siehe Anhang 1, S.63, Abb.41/42.

²⁵ Gemäss Christian Maise, Mitarbeiter der Kantonsarchäologie Aargau

²⁶ Vgl. Schaer und Wälchli, 2005.

einen reduzierenden Brand hinweist. Die Aussenseite ist geglättet, man kann jedoch einige freiliegende Magerungskörner erkennen. Die Magerung besteht aus einem Gemisch von mittelgrossen weisslich-grauen, kantigen, glänzenden, sowie weisslichen, abgerundeten Partikeln. Es könnte sich dabei um ein Gemisch von Granitpartikeln und kalkhaltigen Partikeln wie z.B. Muscheln oder Fossilien handeln.

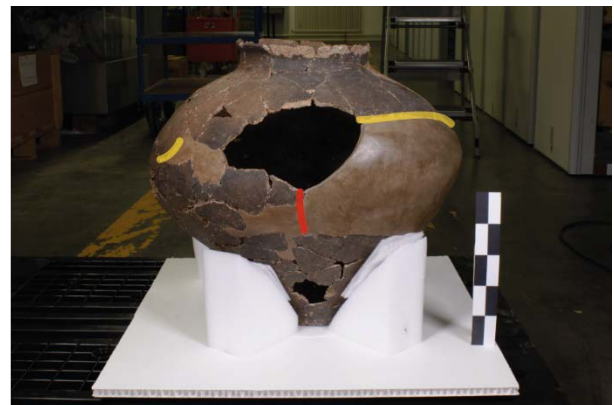
Das Vorratsgefäss wurde mit Stützergänzungen stabilisiert, da unterhalb der Schulter ca. 1/3 der Wandscherben fehlt. Der Boden ist beinahe vollständig erhalten (ca. zu 95%).

Restaurierung

Das Gefäss wurde mit Paraloid® B-72 geklebt und auf der Innenseite durch Glasfasergewebe, welches ebenfalls mit Paraloid® B-72 angebracht wurde, gefestigt. Es wurden Stützergänzungen aus Gips angefertigt, welche mit Wasserfarbe farblich integriert wurden.

Erhaltungszustand

Zwei Gipsergänzungen haben sich auf einer Seite von der Keramik gelöst, was wahrscheinlich auf das Eigengewicht der Keramik zurückzuführen ist (Abb. 16: gelb). Des Weiteren ist eine Ergänzung gebrochen, da sie wahrscheinlich in zwei Vorgängen hergestellt wurde (Abb. 16: rot). Im Inneren des Gefässes befinden sich Spinnenweben und die äussere Oberfläche ist staubig.



■ Abgelöste Ergänzungen ■ Gebrochene Ergänzung ■ 5 cm

Abb. 16 Kartierung des Erhaltungszustands des Vorratsgefässes Zur.004.2/218.1

Stützstruktur

Das Gefäss steht auf einem Wabenkarton mit einer Zwischenpolsterung aus 3 mm dickem Ethafoam®. Es wird durch vier Keile aus 8 cm dickem Ethafoam® – die mit zwei bis drei Schichten ca. 5 mm dickem Ethafoam® der Form des Gefässes angepasst sind – von unten gestützt. Diese Stützen wurden mit Heissleim am Wabenkarton angeklebt und zusätzlich mit je einer Schraube befestigt.

2. Risiken eines Transports

2.1. Allgemeine Risikofaktoren

Während eines Transports sind Kulturgüter verschiedenen Gefahren ausgeliefert: Klimaschwankungen (Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsveränderungen), Schädlingsbefall, Schadstoffe und physikalische Kräfte²⁷. Letztere werden in der Literatur als Hauptursache von Schäden während eines Transports

²⁷ Marcon, 2014 b [online], Etape 1, Tableau 2.

zitiert²⁸. Im Folgenden werde ich diesen Faktor weiter erläutern, da Keramik besonders empfindlich auf deren Einwirkungen ist. Die anderen Risikofaktoren (Klimaschwankungen, Schädlingsbefall und Schadstoffe) werden beiseitegelassen, da sie während einem Transport einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Konservierung der Gefässe haben. Sie wären hingegen bei Objekten aus anderen Materialien durchaus relevant, z.B. bei Metall (Korrosion wird durch erhöhte Luftfeuchtigkeit gefördert²⁹) oder organischen Materialien (deren Hauptbestandteil (Cellulose) ein Nahrungsmittel für Schädlinge ist³⁰).

2.1.1. *Einleitung zu den physikalischen Kräften*

Die Kraft ist eine abstrakte physikalische Grösse. Man kann Kraft weder sehen noch anfassen, lediglich ihre Wirkung ist erkennbar. In der Physik ist Kraft ein Vektor, der mit der folgenden Gleichung definiert wird: $F = ma$ (wobei F : Kraft, m : Masse, a : Beschleunigung). Daher kann man sagen, dass die Kraft die Ursache für jede Bewegung ist³¹. Die Auswirkungen der Kraft, welche im Falle eines Transports zu Schäden führen können, treten als Stösse, Vibration, Druck und Reibung auf.

Ein Stoss geschieht in der Physik dann, wenn zwei Gegenstände gegeneinander prallen. Es findet dann während einer kurzen Zeit ein Energie- und Impulsaustausch statt und die Geschwindigkeiten der Objekte werden verändert³². Es gibt vollkommen elastische (die Energiesumme beider Körper wird erhalten) oder vollkommen unelastische Stösse (ein grosser Teil der Energie wird in Verformungsarbeit umgewandelt). Denn die Energie bleibt laut dem Energieerhaltungssatz in einem abgeschlossenen System immer erhalten³³. In der Wirklichkeit gibt es jedoch keine vollkommenen Stösse, sondern es wird immer „(...) ein mehr oder weniger grosser Teil der Energie durch Reibungsvorgänge im Innern der Körper und kleinere Verformungen aufgezehrt³⁴“. In der Industrie wird die Kraft eines Stosses in g (g : Fallbeschleunigung $9,806 \text{ m/s}^2$) ausgedrückt und stellt somit ein Mehrfaches der Gravitationskraft dar, welche auf ein Objekt wirkt. Sie ist abhängig von der Fallhöhe und der Oberfläche, auf welche das Objekt fällt. Bei einem Objekt im Ruhestand beträgt sie $1 g$ und bei einem Fall von 60 cm auf eine harte Oberfläche (Metall) kann die Kraft bis zu $277 g$ ansteigen – der Gegenstand wird also während eines kurzen Augenblicks 277-mal sein ursprüngliches Gewicht „spüren“³⁵.

²⁸ Marcon, 1991, S.121.

²⁹ Selwyn, 2004, S.21-23.

³⁰ Strang und Kigawa, 2013 [online].

³¹ Kuchling, 2007, S.98.

³² Ebd., S.119.

³³ Ebd., S.114.

³⁴ Ebd., S.122.

³⁵ Marcon, 2014 a [online].

Vibrationen sind eine Schwingungsbewegung im Bezug zu einem Fixpunkt. Mit der Frequenz [Hz] und der Amplitude kann man eine Vibration beschreiben. Die Amplitude kann sowohl als Geschwindigkeit oder als Beschleunigung angegeben werden³⁶. Vibrationen kommen bei einem Transport während der Fahrt mit einem beliebigen Transportmittel vor – im Vergleich zu anderen Mitteln (Flugzeug, Schiff, Zug) sind sie bei einem Lastwagentransport am höchsten³⁷. Die Werte überschreiten jedoch selten 3 *g* und führen daher im Normalfall zu weniger Schäden als ein Stoss³⁸.

Der Druck ist der Ausdruck für eine Kraft, die auf eine Oberfläche wirkt ($p = \frac{F}{A}$)³⁹. Die Schwerkraft sowie die Handhabung üben auf jedes Objekt Druck aus. Je grösser eine Fläche bei gleicher Kraft ist, desto kleiner ist der Druck⁴⁰.

Die Reibung – auch Abrasion genannt – ist ein Phänomen, das dann geschieht, wenn sich zwei in Kontakt stehende Oberflächen bewegen. Sie ist abhängig von der Reibungszahl μ , die spezifisch für den Kontakt von zwei bestimmten Materialien ist⁴¹.

2.1.2. Schäden und ihre Ursachen

Die Folge dieser Kräfte ist je nach Beschaffenheit des Objekts unterschiedlich. Die Empfindlichkeit eines Objektes hängt vom Material, von dessen Verarbeitung und Erhaltungszustand ab⁴².

Um die Fragilität eines Objekts einschätzen zu können, wurden in der Industrie durch Versuche Tabellen mit Empfindlichkeitskategorien hergestellt, welche von P. Marcon auf Museumsobjekte angepasst wurden. So kann ein sehr fragiles Objekt (z.B. aus ungebranntem Ton) einen Schock von 25 bis 40 *g*⁴³ ertragen, ohne dabei beschädigt zu werden (siehe Anhang 3, S.68, Tabelle 4) – zum Vergleich: ein rohes Hühnerei kann je nach Richtung Kräfte von 35 – 50 *g* ertragen ohne zu zerbrechen⁴⁴. Stösse mit geringeren Kräften können dann problematisch werden, wenn sie häufig auftreten und können zu anfänglich unsichtbaren Schäden führen⁴⁵.

Der Verursacher der Schäden ist meistens der Mensch. Durch unaufmerksame oder unüberlegte Handhabung, nicht fachgerechtes Handeln oder durch einen unvorhersehbaren Unfall kommt es zu

³⁶ Marcon, 2014 a [online].

³⁷ Marcon, 1992, S.214.

³⁸ Piechota, 1986, S.16.

³⁹ Gehrke und Köberle, 2014, S.111.

⁴⁰ Marcon, 2014 a [online].

⁴¹ Kuchling, 2007, S.104-105.

⁴² Waentig *et al.*, 2014, S.27.

⁴³ Marcon, 2014 a [online].

⁴⁴ Yam, 2009, S.1110.

⁴⁵ Waentig *et al.*, 2014, S.28.

mechanischen Schäden. Unfälle verursachen meistens die grössten Schäden, da grosse Kräfte im Spiel sind. Stösse, welche durch plötzliches Abbremsen oder einen Aufprall entstehen, verursachen in der Regel die grössten Schäden. Empfindliche Objekte wie z.B. Glas oder Keramik können durch einen Schock zerbrechen, während weniger empfindliche z.B. eine Glocke, den Stössen besser standhalten. Auch wenn ein Objekt mit unangemessenem Druck gehandhabt wird (z.B. durch einen festen Griff oder beim Fixieren auf einem Support für den Transport) oder der Druck anhaltend ist, kann sich ein Objekt verformen oder reißen. Die Auswirkung von Vibrationen auf Objekte ist von verschiedenen Faktoren abhängig – wie die Masse, die Geometrie und die Elastizität eines Objekts sowie die Frequenz und Dauer der Vibration. Hält die Vibration über längere Zeit an, kann sie vor allem bei zusammengesetzten Materialien zu Schäden z.B. das Ablösen von Farbschichten führen. Die Reibung ist bei schlecht verpackten Objekten – Verwendung von rauen Materialien, zu grosse Bewegungsfreiheit des Objekts – ein Nebeneffekt von Vibration. Sie ist von der Oberflächenbeschaffenheit (Beständigkeit und Form) und vom Druck, der den Kontakt zwischen den Flächen gewährleistet, abhängig⁴⁶.

Auch Naturgewalten (z.B. Erdbeben) können zu beträchtlichen Schäden führen, werden in dieser Arbeit jedoch nicht weiter beschrieben, da sie im Falle eines Transports nicht im Vordergrund stehen.

Die Keramikgefässe, mit welchen sich diese Arbeit beschäftigt, sind vor allem durch die Wirkungen von Stössen gefährdet. Ihre Unvollständigkeit macht sie weniger stabil und daher anfälliger auf das Zerbrechen. Einige der Gefässe wurden nicht oder nur teilweise geklebt und nur an der Innenseite gefestigt (Bsw.007.2/9.1, Fic.013.2/2063.1 und Lau.013.1/102.1). Diese sind daher besonders empfindlich auf die Wirkung der Vibrationen, da Japanpapier eine grössere Bewegung ermöglicht, als eine Klebung. Zudem sind die Wände dieser drei Gefässe mit feinen Rissen durchzogen, welche sich durch wiederholte Krafteinwirkung vergrössern und zu Abplatzungen oder Brüchen führen könnten.

2.1.3. Massnahmen zur Vorbeugung

Bei einem Transport wird zur Schadensvorbeugung hauptsächlich die Verpackung eines Objektes eingesetzt. Bei der Konzeption der Verpackung müssen mehrere Faktoren beachtet werden, damit sie das Objekt auch tatsächlich schützt.

Der Schutz, den ein Objekt benötigt, hängt zum einen an der Fragilität des Objekts selbst (siehe Kapitel 2.1.2., S.21) und zum anderen an den äusseren Einflüssen. Man muss dazu einschätzen, was für Kräfte möglicherweise auf das Objekt einwirken könnten d.h. man geht von einem Extremfall aus wie z.B. einem Unfall. Dieser Extremfall wird in der Literatur als „wahrscheinliche Fallhöhe“ (*hauteur probable de chute*⁴⁷) bezeichnet. Diese wahrscheinliche Fallhöhe wird im Verhältnis zum Gesamtgewicht des Objekts und dessen Verpackung sowie der Handhabungsart definiert. In unserem Fall, bei einem

⁴⁶ Marcon, 2014 a [online] / Waentig *et al.*, 2014, S.28.

⁴⁷ Marcon, 2014 a [online].

Gewicht von 20 – 45 kg würde diese wahrscheinliche Fallhöhe je nach Quelle 60 – 75 cm betragen (siehe Anhang 4, S.69). Mit dieser Höhe und mit der Art der Verpackung kann man anschliessend herausfinden wie gross der Stoss sein wird, welcher das Objekt bei einem Fall erleiden würde⁴⁸.

Des Weiteren ist die Wahl des richtigen Polsterungsmaterials ausschlaggebend. Wird ein zu harter Schaumstoff verwendet, so wird der Stoss nicht gedämpft, da der Schaumstoff nicht nachgibt. Wird hingegen ein zu weicher Schaumstoff benutzt, so sinkt das draufstehende Objekt so sehr in den Schaumstoff, dass es den darunterliegenden Boden berührt⁴⁹. Ob ein Schaumstoff zu hart oder zu weich ist, kommt auf das Gewicht der Verpackung, die gepolstert werden soll, sowie auf die Kontaktfläche

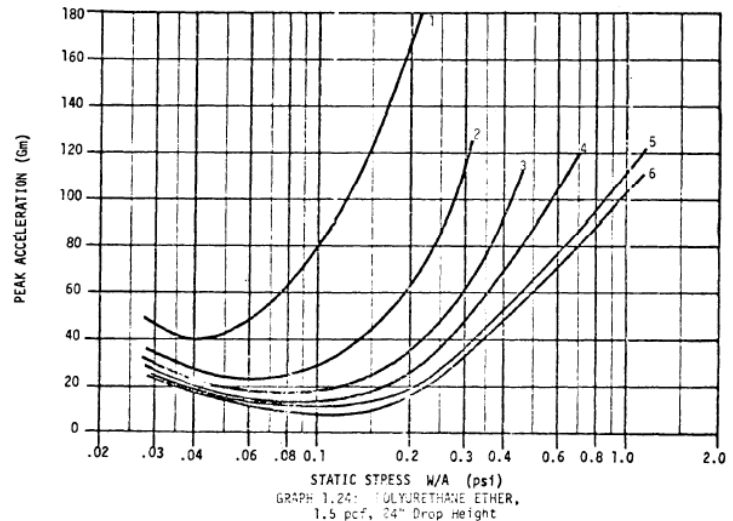


Abb. 17 Polsterungskurve für Polyether-Polyurethan-Schaumstoff mit einer Dichte von ca. 24 kg/m³ und einer Fallhöhe von 60 cm (©U.S. Department of Defense, 1978, S.218.)

zwischen der Verpackung und dem Schaumstoff an – kurz auf die statische Belastung (*static load*⁵⁰). Um die richtige Belastung ausrechnen zu können benötigt man folgende Informationen: Fragilität des Objekts, Schaumstoffart und -dichte, Gesamtgewicht der Verpackung und wahrscheinliche Fallhöhe. Hat man diese Informationen beisammen, kann man zur Bestimmung der optimalen statischen Belastung eine dynamische Polsterungskurve (*dynamic cushioning curve*⁵¹) zu Rate ziehen. Auf diesen Graphen wird die Beschleunigung (*Peak Acceleration*) in *g*, in Funktion der statischen Belastung (*Static stress*) in psi (pounds per square inch) dargestellt (Abb. 17)⁵². Ein Beispiel einer Berechnung, welche für diese Arbeit verwendet wurde, befindet sich im Anhang 5, S.70-72.

Um Schäden durch zu hohen Druck zu vermeiden, ist es wichtig, dass das Gewicht des Objekts gleichmässig auf dem Support verteilt wird und die Kontaktfläche möglichst gross ist. Denn der Druck nimmt – bei gleicher Kraft – mit zunehmender Kontaktfläche ab⁵³.

Die grösste Wahrscheinlichkeit, dass ein Objekt einem Schock erleidet, besteht während der Handhabung – sei es durch das Hochheben, das Einladen in ein Fahrzeug, das Stapeln oder lediglich

⁴⁸ Marcon, 2014 a [online].

⁴⁹ Marcon, 1992, S.219.

⁵⁰ Richard, 1991, S.270.

⁵¹ Ebd.

⁵² Richard, 1991.

⁵³ Marcon, 2014 a [online] / Barclay, 2002, S.3.

das Umstellen / Verschieben des Objekts. Die Stösse während des Transports sind bei weitem geringer, es sei denn die Verpackung ist nicht gut befestigt. In diesem Fall wird sie im Fahrzeug auf und ab hüpfen und die dabei entstehenden Stösse können zu grossen Kräften führen, welche das Objekt unter Umständen beschädigen können⁵⁴.

2.2. Der geplante Transport der Gefässe

2.2.1. Verladen

Als erstes werden die Objekte mit einem elektrischen Hubwagen und einem Handhubwagen (Anhang 1, S.64, Abb. 43) aus dem Depot im Untergeschoss der Kantonsarchäologie über einen Aufzug nach oben gebracht. Anschliessend wird die Palette über eine Verladebühne (Abb. 18) nach draussen gebracht und von Hand (zu zweit getragen) ins Fahrzeug eingeladen. Der Absatz zwischen der Rampe und der Hebeplattform kann erhebliche Erschütterungen auslösen, falls man mit dem Handhubwagen nicht vorsichtig darüber fährt. Beim Fahrzeug handelt es sich um einen Kastenwagen VW Transporter T5 Jahrgang 2009.



Abb. 18 Verladebühne mit Absatz zwischen der Rampe und der Hebeplattform

Der Belag des Verladeplatzes besteht aus Pflastersteinen und ist daher ziemlich uneben, was beim Losfahren Erschütterungen des Fahrzeugs verursacht.

2.2.2. Transport

Die Strecke zwischen der Kantonsarchäologie und dem Zeughaus hat eine Länge von ca. 2 km und dauert ca. 5 min mit dem Auto – innerorts, mit einer Geschwindigkeitsbeschränkung von 50 km/h. Die Strecke kann in drei Abschnitte eingeteilt werden: 20er-Zone im Bahnhofsareal, Kantonsstrasse und Zufahrt zum Zeughaus.

Abschnitt 1: 20er-Zone im Bahnhofsareal

Als erstes durchquert man das Bahnhofsareal, welches eine 20er-Zone ist. In diesem Bereich sind stets viele Fussgänger unterwegs, was zu abruptem Anhalten führen könnte. Der Belag wurde ca. 2013 neu geteert und hat keine Unebenheiten.

⁵⁴ Marcon, 1992 / Marcon, 2014 a [online].

Abschnitt 2: Kantonsstrasse

Der Belag der Kantonsstrasse hat unterschiedliche Qualitäten, ist jedoch gesamthaft in einem guten Zustand d.h. es befinden sich keine grossen Unebenheiten auf der Fahrbahn. Auf der Strecke liegen drei Kreisverkehre, welche einen seitlichen Druck auf die Ladung ausüben (Kurve) und sechs Fussgängerstreifen. Dies bedeutet, dass die Möglichkeit auf ein abruptes Bremsen besteht.

Abschnitt 3: Zufahrt zum Zeughaus

Bei der Einfahrt zum Zeughaus ist der Belag ziemlich unregelmässig und vor dem Eingangstor befindet sich ein Trottoir, welches durch zwei Reihen Pflastersteine abgegrenzt ist. Diese Unebenheiten sind die Ursache von Erschütterungen und daher muss in diesem Bereich besonders vorsichtig gefahren werden. Die Einfahrt ist leicht abfällig, was einen Druck auf die Objekte nach vorne ausübt.

2.2.3. Ausladen

Im Zeughaus wird die Palette mit einem elektrischen Hubwagen ausgeladen (Abb. 19), was grosse Stösse verursachen kann, da die Geschwindigkeit fürs Heben und Senken nur schwer kontrollierbar ist. Mit dem Hubwagen wird die Palette über eine Rampe ins Innere des Gebäudes gebracht, was weitere Erschütterungen auslöst, da man eine gewisse Geschwindigkeit benötigt, um die Schwelle der Rampe zu überwinden.



Abb. 19 Ausladen mit dem elektrischen Hubwagen vor dem Zeughaus

2.2.4. Vergleich des momentanen und zukünftigen Depots

Das momentane Depot befindet sich im Untergeschoss der Kantonsarchäologie. Es werden dort verschiedenste Materialien (Keramik, Holz, Leder, Metall...) in Kompaktus®-Regalen, auf Paletten und in fixen Schubladenschränken gelagert. Das Klima des Depots wird durch eine Lüftungsanlage reguliert. Da ein Platzproblem besteht, hat man beschlossen die grossformatigen Keramikgefässe in ein externes Depot (Zeughaus) zu verlegen.

Im Zeughaus (zukünftiges Depot) werden momentan grossformatige Steinobjekte auf Paletten-Regalen gelagert (Siehe Anhang 1, S.64, Abb. 44). Dieses Gebäude ist schlecht isoliert (Eingangstore aus Holz an einer Fassade, Abb. 19), daher können das Klima und die Staubbelastung nicht kontrolliert werden.

3. Verpackung

Ziel einer Verpackung ist es, ein Objekt während Manipulationen oder der Lagerung vor verschiedenen Faktoren zu schützen. Im Falle der Keramik sind die Hauptfunktionen der Verpackung, das Objekt vor Vibrationen und Stössen zu behüten und ihm gleichzeitig auch strukturelle Unterstützung zu bieten. Der Unterschied zwischen Lagerungs- und Transportverpackung liegt in der Dauer und in den externen Risikofaktoren. Das Objekt wird nur eine befristete Zeit in einer Transportverpackung verweilen, während die Zeit für eine Lagerungsverpackung undefiniert ist, da die Gefässe voraussichtlich nicht ausgestellt werden.

Da die Anforderungen an die beiden Verpackungstypen nicht genau dieselben sind, kommen zur Herstellung nicht immer die gleichen Materialien in Frage. Für eine Lagerungsverpackung ist die wichtigste Eigenschaft der verwendeten Materialien ihre Langzeitstabilität. Bei der Transportverpackung hingegen steht die Stossdämpfung im Vordergrund.

Deshalb können Materialien, welche die Stösse gut absorbieren, durchaus für eine Transportverpackung verwendet werden, auch wenn sie nicht langzeitstabil sind. Sie sollten jedoch auf keinen Fall für die Lagerung benutzt werden, da sie die Objekte über längere Zeit beschädigen könnten. Andere Materialien, welche sehr lange chemisch stabil sind, erweisen sich jedoch als weniger geeignet für einen Transport, da sie zu hart sind, um Stösse effizient zu dämpfen⁵⁵.

Es ist daher vorteilhaft die Transport- und Lagerungsverpackung zu trennen, um die Eigenschaften der verfügbaren Materialien möglichst gut ausnutzen zu können.

3.1. Lagerungsverpackung

3.1.1. *Verpackungsmaterialien für die Langzeitlagerung*

Heutzutage werden für die Lagerungsverpackung von Museumsobjekten in vielen Institutionen eine – auch in der Literatur empfohlene – beschränkte Auswahl von Materialien verwendet. In den meisten Fällen wird heute PE-Schaumstoff benutzt für die Stabilisierung von sehr kleinen bis zu sehr grossen Objekten aus verschiedensten Materialien, wie auch Keramik. Die präsentierten Materialien und Methoden wurden aufgrund der Fachliteratur und einer Umfrage bei verschiedenen Museen ausgewählt (siehe Anhang 6, S.73).

PE-Schaumstoffe

Es gibt verschiedene Schaumstoffarten, welche aus PE hergestellt werden. Für die Herstellung des Ethafoam® oder PolyPlank® genannten Schaumstoffs wird ein Triebmittel verwendet, welches das geschmolzene PE zu einem geschlossenzelligen, nicht vernetzten Schaumstoff extrudiert⁵⁶. Eine andere

⁵⁵ Richard, 1997, Section 8 – Packing Cases.

⁵⁶ Material Archiv, 2015 a [online].

Art ist der Plastazote[®] genannte Schaumstoff, welcher im Gegenteil zum Ethafoam[®] mit Stickstoff expandiert wird und eine geschlossene, vernetzte Zellform aufweist⁵⁷, und daher eine feinere Struktur hat. PE-Schaumstoffe sind gemäss dem heutigen Wissensstand chemisch und physikalisch langzeitstabil und finden daher oft in der Konservierung Verwendung⁵⁸. Man sollte Produkte, welche nicht weiss oder schwarz bzw. grau sind, vermeiden, da diese Zusatzstoffe (z.B. Antioxydations-, Antistatik- oder Feuerschutzmittel) beinhalten, welche die Objekte beschädigen können⁵⁹.

Tyvek[®] und Seidenpapier

Da die Oberfläche eines geschnittenen Ethafoam[®] ziemlich rau sein kann, wird diese oft mit einem feineren Material überdeckt – Tyvek[®] eignet sich dazu sehr gut. Tyvek[®] ist ein Faservlies, welches aus mit Hitze zusammengeschweissten PE-Fasern hergestellt wird. Es ist chemisch neutral und auch physikalisch stabil. Seine Struktur ist luft- und wasserdampfdurchlässig, jedoch wasserabweisend. Zusätzlich ist es reissfester als Seidenpapier, das für ähnliche Zwecke verwendet werden kann⁶⁰.

Seidenpapier, welches für die Verpackung benutzt werden kann, muss säurefrei sein, d.h. dass es aus 100 % gebleichter Cellulose besteht und keine verholzten Fasern (Lignin) enthält. Die meisten säurefreien Seidenpapiere werden durch Alkalipuffer in Form von Calciumcarbonat neutralisiert. Man muss jedoch beachten, dass der Puffer mit der Zeit seine Wirkung verliert und das Papier auf die Dauer sauer wird⁶¹.

Holz

Holz wird schon seit langer Zeit für die Herstellung von Ausstellungs- oder Lagerungsmobiliar und Verpackungen verwendet. Es ist jedoch seit einiger Zeit bekannt, dass Holz Schadstoffe (flüchtige organische Verbindungen VOC) abgeben kann wie z.B. Essigsäure, Ameisensäure oder Formaldehyd⁶². Allgemein kann man sagen, dass die Laubbaumhölzer saurer sind als Nadelbaumhölzer. Eichenholz ist besonders sauer (pH 3,3 - 3,9) und sollte auf keinen Fall verwendet werden. Weniger saure Holzarten sind Birke (pH 4,3 - 5,7), Pappel (pH 4,65 - 5,8) und Fichte (pH 4,8 - 5). Andere Produkte, welche aus Holz hergestellt werden – wie Sperrholz oder MDF – bestehen zu einem grossen Teil aus Klebstoffen, welche ebenfalls flüchtige Stoffe wie z.B. Formaldehyd, freigeben. Holz ist wegen seiner organischen Natur auch anfällig auf Schädlingsbefall⁶³.

⁵⁷ Illes, 2004, S.110.

⁵⁸ Ebd., S.106.

⁵⁹ Barclay, 2002, S.12 / Illes, 2004, S.101.

⁶⁰ Illes, 2004, S.114 / Material Archiv, 2015 b [online].

⁶¹ Schärer, 2015 [online] / Winsor, 2011, S.99.

⁶² Stanniforth, 2011, S.227.

⁶³ Goffard, 2009 [online] / Waentig *et al.*, 2014, S.49.

In einigen Institutionen wird Holz für die Lagerung von Keramikobjekten dennoch verwendet, da dies ein relativ unempfindliches Material ist. Hier ist Vorsicht geboten, da die freigegebenen Säuren kalkhaltige Objekte auf die Dauer beschädigen können⁶⁴. Denn es gibt auch Keramikobjekte, welche mit einem kalkhaltigen Material wie z.B. Muscheln gemagert wurden oder von Natur kalkhaltige Verunreinigungen enthalten⁶⁵.

Heissleim

Unter Heissleim versteht man einen Leim, der ohne Lösungsmittel verwendet wird, sondern geschmolzen mit einer Klebepistole aufgetragen wird und anschliessend beim Erkalten aushärtet. Diese Klebstoffe bestehen hauptsächlich aus Ethylvinylacetat (EVA) und manchmal werden die Eigenschaften durch die Zugabe von Wachs verändert, der unter anderem die Viskosität verringert⁶⁶.

Bei der Frage, um die chemische Stabilität ist sind sich die Quellen nicht einig: J. Tétreault sagt, dass Emulsionen mit Vinylacetat Essigsäure freigegeben können⁶⁷. Gleichzeitig sind D. Williams und R. Barclay der Meinung, dass EVA chemisch langzeitstabil ist⁶⁸.

Metall

Supporte aus Metall werden oft für Ausstellungszwecke verwendet. Im Fall von schweren Objekten, können sie bisweilen auch für die Lagerung eingesetzt werden. Für die Herstellung verwendet man häufig leicht formbare Metalle wie Messing oder Aluminium. Stahl wird jedoch wegen seiner grösseren Härte bei grösseren Objekten bevorzugt. Das Objekt sollte nicht in Berührung mit dem Metall kommen, da es verkratzt werden oder es bei Metallobjekten zu galvanischer Korrosion kommen könnte⁶⁹.

Well- und Wabenkarton

Diese zwei Kartonarten werden sowohl in Archiv- als auch Normalqualität hergestellt. Die sogenannte Archivqualität besteht wie das säurefreie Seidenpapier aus 100 % gebleichter Cellulose und ist frei von verholzten Fasern. Die verwendeten Klebstoffe sind neutral und frei von Lösemitteln und Weichmachern⁷⁰.

Der Unterschied zwischen den beiden Kartons liegt in ihrer Struktur und daher auch ihrer mechanischen Stabilität. Die Wabenstruktur ist um einiges stabiler als die gewellte (Abb. 20 und 21).

EB 4.5 mm / Type EB

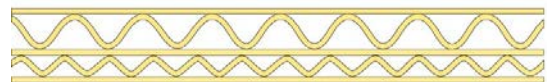


Abb. 20 Struktur eines doppelagigen Wellkartons
© Klug-Conservation

⁶⁴ Goffard, 2009 [online] / Erhardt, 1991, S.27.

⁶⁵ Grüninger, 1965, S.6.

⁶⁶ Yam, 2009, S.21.

⁶⁷ Tétreault, 1992, S.173.

⁶⁸ Williams, 2009, S. 121 / Barclay, 2002, S.23.

⁶⁹ Barclay, 2002, S.14-15.

⁷⁰ Klug-Conservation, 2015 a [online] / Klug-Conservation, 2015 b [online].

Bei der Verpackung werden diese zwei Produkte vor allem zur Herstellung von Schachteln (Wellkarton) oder Manipulationssupporten (Wabe) verwendet.

Stegplatten aus Polypropylen

Diese Platten sind in der Struktur und Verwendung vergleichbar mit dem Wellkarton. Allerdings bestehen die Stegplatten aus extrudiertem Polypropylen (PP), was ihnen eine bessere mechanische Stabilität verleiht. Ausserdem sind die Stegplatten feuchtigkeitsbeständig⁷¹.

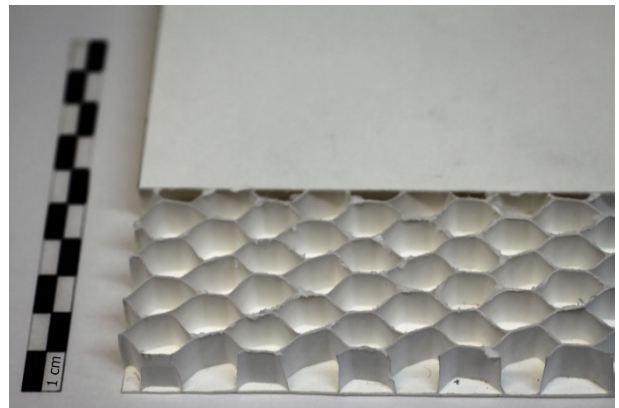


Abb. 21 Struktur des Wabenkartons von Klug-Conservation

Baumwollband

Baumwollbänder bestehen wie es der Name sagt aus 100 % Baumwolle und sind entweder Leinwand- oder Körperbindungen⁷². Da Baumwolle zu ca. 95 % aus Cellulose besteht, stellt sie kein Problem für die Verwendung in der Konservierung dar⁷³. Die Bänder werden für verschiedene Zwecke verwendet, unter anderem für das Schliessen von Kartonschachteln.

3.1.2. Verpackungsmethoden für die Langzeitlagerung

Im Folgenden werden vier Methoden beschrieben, welche bei den kontaktierten Institutionen Verwendung finden. Es handelt sich dabei entweder um modulierbare Behältnisse, welche in verschiedenen Grössen erhältlich sind (Rako®-Kisten oder Paletten), oder um massgefertigte Konstruktionen, welche den einzelnen Objekten angepasst werden (Holz- / Metallgestelle oder Holzkisten).

Methode 1: Rako®-Kisten

In diesem System werden die nach der Marke benannten Rako®-Kisten aus PP als Behälter benutzt. Im Inneren der Kiste werden die Objekte entweder direkt mit Ethafoam® oder Plastazote® gepolstert, oder in kleineren Behältnissen aufbewahrt.

Es gibt zwei Methoden, wie die Objekte gepolstert werden. Die erste Möglichkeit ist es, den ganzen Boden der Kiste mit Ethafoam® zu bedecken und eine passgenaue Einbuchtung für das Objekt (oder zumindest seinen Unterteil) in den Schaumstoff zu schneiden. Die zweite Möglichkeit wäre die Unterstützung des Objektes durch Schaumstoffkeile, welche nicht das ganze Objekt umfassen. Bei

⁷¹ Material Archiv, 2015 f [online].

⁷² Préserv'Art, 2008 a [online].

⁷³ Material Archiv, 2015 g [online].

beiden Methoden kann die Kontaktfläche zwischen Schaumstoff und Objekt – je nach Schaumstoffart und Oberflächenbeschaffenheit des Objektes – mit einem Vlies bedeckt werden (z.B. Tyvek®), um eine Beschädigung des Objektes durch Reibung zu vermeiden.

Die Standardgrößen der Behälter sind bei diesem System zugleich ein Vor- und Nachteil. Einerseits erlauben sie eine optimierte Depotverwaltung, da die Kisten alle das gleiche Format haben. Andererseits können mit diesem System keine grossformatigen Objekte verpackt werden.

Das Material dieser Kisten ist jedoch auch ein Vorteil, da PP chemisch stabil ist⁷⁴.

Diese Methode wird bei vielen Museen – z.B. im Sammlungszentrum des Schweizerischen Nationalmuseums in Affoltern-am-Albis⁷⁵, beim Archäologischen Dienst des Kantons Bern⁷⁶ und in der Kantonsarchäologie Aargau – eingesetzt, da es erlaubt in kürzester Zeit eine fachgerechte Verpackung herzustellen, bei der nur das Innenleben der Kiste gestaltet werden muss.

Methode 2: Paletten mit Aufsatzrahmen

Dieses System ist – abgesehen von den Grössenverhältnissen – dem vorherigen sehr ähnlich. Bei dieser Methode ist es üblicher, dass nicht die ganze Oberfläche der Palette mit Schaumstoff ausgekleidet wird, sondern nur der Bereich unmittelbar in der Nähe des Objekts.

Auch diese Methode kommt vermehrt zum Einsatz für die Lagerung von Kulturgütern – so z.B. im Sammlungszentrum des Schweizerischen Nationalmuseums in Affoltern-am-Albis, im Kunsthistorischen Museum Wien, beim Archäologischen Dienst des Kantons Bern und in der Kantonsarchäologie Aargau.

Methode 3: Holz- / Metallgestelle

Dieses System wird vor allem für Gefässe benutzt, welche keinen flachen Boden haben z.B. Amphoren. Das Holzgestell, welches im Kunsthistorischen Museum Wien⁷⁷ benutzt wird, besteht aus einer quadratischen Holzplatte mit einer runden Aussparung in der Mitte (Abb. 22). Die Platte wird durch ein Gestell aus Holzlatten vom Boden abgesetzt, sodass sich die Gefässe lediglich auf dem Holzgestell abstützen und den Boden nicht berühren. Die Öffnung wird



Abb. 22 Holzgestell des Kunsthistorischen Museums Wien (hier ohne Sicherung im oberen Bereich) © Schaaf-Fundneider und Kimmel, 2013, S.43.

⁷⁴ Goffard, 2009 [online].

⁷⁵ Treffen mit Herrn David Pazmino, Museumstechniker des Sammlungszentrums des Schweizerischen Nationalmuseums, Affoltern-am-Albis.

⁷⁶ E-Mail Kontakt mit Frau Frédérique Tissier, Restauratorin des Archäologischen Dienstes des Kantons Bern.

⁷⁷ E-Mail Kontakt mit Frau Irene Engelhardt, Restauratorin des Kunsthistorischen Museum Wien.

gepolstert und die Gefässe werden je nach Höhe im oberen Bereich noch zusätzlich mit einem System aus Textilbändern und Schaumstoff gesichert⁷⁸.

Ein ähnliches System aus Metall wird im Site et Musée Romain d'Avenches (SMRA)⁷⁹ benutzt, wobei das Holzgestell durch einen Metallring, welcher auf drei Beinen steht, ersetzt wird. Zwischen dem Metall und dem Objekt muss auch eine Polsterung angebracht werden, damit das Objekt nicht verkratzt wird.

Dieses System hat den Vorteil, dass es unabhängig vom Lagerungskonzept ist, d.h. es kommt nicht darauf an, ob das Gefäss auf einer Palette oder auf einem Regal gelagert wird.

Die Herstellung eines solchen Gestells ist relativ aufwendig (vor allem aus Metall) und benötigt spezifisches Werkzeug. Ein weiterer Nachteil ist, dass das Gefäss auf einer sehr kleinen Oberfläche unterstützt wird, was bei einem fragilen Gefäss einen zu hohen Druck erzeugen könnte. Diese Methode ist bei fragmentarischen Objekten nicht realisierbar.

Die Verwendung von Holz ist nach wie vor umstritten, wie im vorherigen Kapitel 3.1.1., S.26 beschrieben.

Methode 4: Holzkisten

Im Archäologischen Dienst des Kantons Bern werden für grosse Objekte auch Holzkisten auf Mass hergestellt. Die Polsterung der Objekte wird auch nach den vorher erwähnten Methoden vorgenommen.

Die Massanfertigung von Kisten hat den Vorteil, dass sie genau der Grösse des Objektes angepasst werden können. Für die Lagerung ist dies zugleich ein Vor- und Nachteil, denn auf diese Art besetzt das Objekt keinen überflüssigen Raum. Die Verwaltung des Depots wird jedoch durch die verschiedenen Formate der Verpackungen erschwert.

3.1.3. Bewertung der aktuellen Stützstrukturen

Die vier Gefässe, welche als letzte restauriert wurden (Bsw.007.2/9.1; Fic.013.2/2063.1; Lau.013.1/102.1; Zur.004.2/218.1) haben Stützstrukturen, welche aus alterungsbeständigen Materialien hergestellt wurden (hauptsächlich Ethafoam®, Wabenkarton). Die Verpackungen der Gefässe aus Frick (Fic), Laufenburg (Lau) und Zurzach (Zur) sind ziemlich ähnlich aufgebaut: sie stehen auf einer Wabenplatte und werden mit Stützen aus Ethafoam® stabilisiert, welche mit einer Schraube und Heissleim befestigt sind – ausser beim Gefäss aus Frick wo die Stützen nicht festgemacht wurden. Die Stützfunktion der Ethafoam®-Keile ist bei den Gefässen aus Laufenburg und Frick nur teilweise gegeben, da die Stützen beim ersten nur zum Teil am Gefäss anliegen und sie beim zweiten verschoben werden können. Beim Gefäss aus Zurzach wird der Kontakt durch mehrere zusätzliche Ethafoam®-Lagen

⁷⁸ Schaaf-Fundneider und Kimmel, 2013, S.40/43.

⁷⁹ E-Mail Kontakt mit Frau Myriam Krieg, Restauratorin des SMRA.

(2 mm dick) verbessert. Da diese Lagen nicht befestigt sind, wird das Abstellen des Gefässes problematisch, nachdem es einmal herausgenommen wurde.

Die Stützen aus Plastazote[®], auf welchen das Gefäss aus Boswil (Bsw) liegt, sind etwas zu wenig hoch und breit. Auf diese Art ist das Gewicht auf einer ziemlich kleinen Fläche verteilt, was den Druck auf das Gefäss erhöht. Auch wenn die Stretchfolie den Kontakt zwischen den Stegen und dem Gefäss verbessern sollte, berühren die Stützen nicht auf ihrer ganzen Oberfläche das Gefäss und so wird die Kontaktfläche noch mehr verringert. Die MDF-Platte stellt, wie schon erläutert, auf die Dauer auch ein Risiko dar (Schädlingsbefall, Ausdünstungen) und sollte daher ersetzt werden.



Abb. 23 Styropor[®]-Platten, welche das Gefäss Lunkhofen 934.a. nur minim stützen

Die Stützstrukturen der altrestaurierten Gefässe (Lunkhofen 934. a.; Ober-Endingen 2382; V.89.3/46.366) bestehen aus verschiedensten Materialien, welche einerseits chemisch instabil sind (Zeitungspapier) und die Gefässe andererseits nur minim unterstützen (Styropor[®]-Platten (Abb. 23). Diese Stützen müssen auf jeden Fall ersetzt werden, um den Gefässen einen besseren Halt und daher auch eine bessere Konservierung zu bieten.

3.1.4. *Konzept für die Lagerungsverpackung der Keramikgefässe*

Kriterien der Wahl

Da die Objekte eine unbestimmte Zeit in einer Lagerungsverpackung verbringen, muss diese aus chemisch langzeitstabilen Materialien hergestellt werden, welche das Objekt nicht beschädigen. Im Falle der Keramik sind Schäden durch Verpackungsmaterialien häufig auf eine zu raue Oberfläche zurückzuführen, welche die Keramikgefässe durch Reibung beschädigt.

Die Lagerungsverpackung muss die Objekte so unterstützen, dass die Gravitationskraft, welche wegen des hohen Eigengewichts der Keramik die Belastung der Bruchstellen verstärkt, möglichst gering gehalten wird. Damit das Gewicht der Keramik möglichst gut verteilt ist, müssen die Stützen eine möglichst grosse Kontaktfläche mit dem Gefäss haben. So kann man Schäden durch erhöhten Druck vermeiden⁸⁰. Da die Lagerungsverpackung auch für den Transport verwendet wird (mit zusätzlicher Polsterung), ist es besonders wichtig, dass die Stützen passgenau sind, denn nur auf diese Art bietet die Verpackung dem Objekt genügend Halt. Kann sich das Objekt in der Verpackung frei bewegen, führt

⁸⁰ Barclay, 2002, S.3.

dies durch die Vibrationen und Stösse eines Transports zu Reibung, welche die Oberfläche beschädigen kann⁸¹.

Ein anderes Kriterium, welches von den Restauratoren der Kantonsarchäologie vorausgesetzt wurde, ist, dass sie die Verpackung selbstständig im Konservierungslabor herstellen können. Schliesslich müssen die Objekte durch die Verpackung gegen den Staub geschützt werden, da das zukünftige Depot eine hohe Staubbelastung hat.

Für die Stützstruktur wurde Ethafoam® (Dichte: 35 kg/m³) und Wabenkarton ausgewählt. Dieser PE-Schaumstoff bietet auch grossen Objekten eine gute Unterstützung und ist leicht an eine Form anpassbar. Zudem vermeidet man durch seine Verwendung beim Transport das Phänomen einer doppelten Stossdämpfung. Dieses Phänomen geschieht dann, wenn das Objekt durch zwei Schaumstoffschichten gepolstert ist – wie in einer Doppelkisten-Verpackung. Bei einem Stoss wird beim Aufprall als erstes der äussere Schaumstoff nachgeben und erst anschliessend der Innere – mit einer gewissen Zeitverzögerung. Im Extremfall bedeutet das, dass der innere Schaumstoff noch zusammengepresst wird, während sich der äussere schon wieder ausdehnt. Dies löst einen Schock aus, der mit einer Frontalkollision vergleichbar ist. Daher muss der Schaumstoff, welcher zur direkten Polsterung der Objekte verwendet wird (in der inneren Kiste), genügend hart sein, dass er sich im Falle eines Schocks nicht verformt. Auf diese Weise übernimmt ausschliesslich der äussere Schaumstoff die Stossdämpfung⁸².

PE-Schaumstoff wird zur inneren Polsterung von leichten Objekten empfohlen, da er bei einer Fallhöhe von 75 cm (wahrscheinliche Fallhöhe für Objekte zwischen 20 und 45 kg) erst ab einer statischen Belastung von 0,015 – 0,140 kg/cm² bei einem Stoss nachgibt – zum Vergleich: Polyether-PU mit der gleichen Dichte dämpft Stösse bei einer Belastung von 0,002 – 0,028 kg/cm² ⁸³. Bei den Keramikgefässen wird eine statische Belastung unterhalb von 0,015 kg/cm² geschätzt⁸⁴ – ausser für die drei altrestaurierten Gefässe (Lunkhofen 934.a., Ober-Endingen 2382 und V.89.3/46.366), welche diese Belastung eventuell erreichen oder leicht übertreffen könnten. Das bedeutet, dass eine doppelte Stossdämpfung nicht ganz ausgeschlossen werden kann.

Der Wabenkarton verstärkt die Schaumstoffstützen und erleichtert dadurch die Handhabung. Ein Belastungstest wurde durchgeführt, um zu erfahren wie standhaft der Karton bei einer mittigen Belastung ist. Eine quadratische Platte mit einer Seitenlänge von 70 cm verbiegt sich bei einer Belastung von ca. 13 kg auf einer Fläche von 1654 cm² nur um ca. 3 mm (Abb. 24).

⁸¹ Marcon, 2014 a [online].

⁸² Piechota, 1986, S.16-17.

⁸³ Richard, 1997, Section 6 – Shock Protection.

⁸⁴ Da das Gewicht der Gefässe nicht nur auf der Grundfläche lastet, sondern auf die Stützstruktur verteilt ist, konnte ich die Oberflächenbelastung nicht eindeutig bestimmen. Zur Schätzung habe ich das Gewicht der Gefässe durch ihre Grundfläche und die senkrechte Projektion der Stützen geteilt.

Die ausgewählten Materialien sind gemäss dem heutigen Wissensstand alle langzeitstabil und auch genügend stark zur Unterstützung der grossformatigen Gefässe⁸⁵.

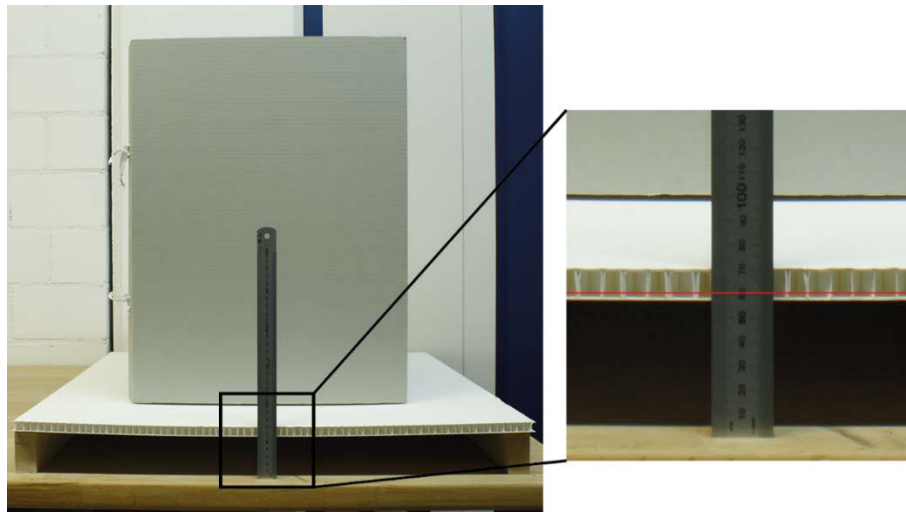


Abb. 24 Belastungstest mit der Probeverpackung (mit Testobjekt). Die Kartonunterseite ist ohne Belastung auf einer Höhe von 60 mm (rote Linie).

Konzept⁸⁶

Das Konzept für die Lagerungsverpackung besteht aus zwei Teilen: einer Stützstruktur und einer Schachtel (Abb. 25). Für die Stützstruktur wurde die Grundidee der schon bestehenden Supporte als Basis verwendet. Sie besteht aus einer Wabenplatte und einem Support aus Ethafoam®. Die Wabenplatte dient zur Stabilisierung der Struktur, sodass das Objekt ohne direkte Berührung gehandhabt werden kann. Um das Hochheben zu erleichtern, werden auf der Unterseite der Platte zwei 10 – 20 cm breite Wabenplattengleiter angebracht.

Der Support aus Ethafoam® besteht aus einer 3 cm dicken Bodenplatte auf welcher – je nach Stabilität des Objektes – mindestens vier Keile mit Heissluft

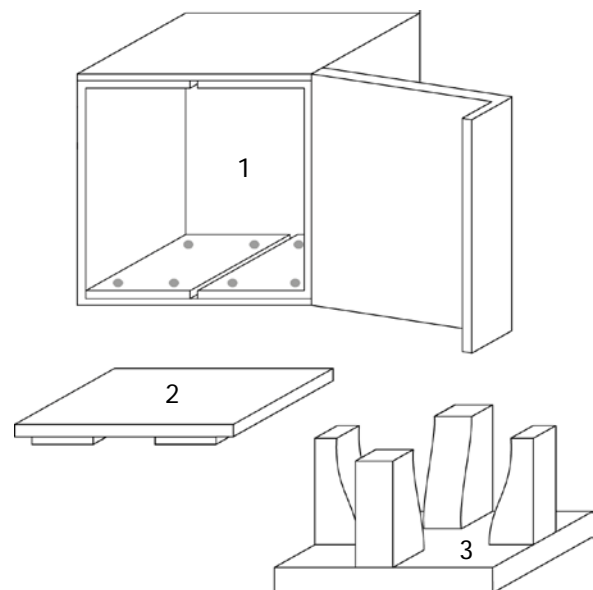


Abb. 25 Konzept der Lagerungsverpackung bestehend aus einer Schachtel (1) und einer Stützstruktur aus einer Wabenplatte (2) und Ethafoam® (3)

⁸⁵ Barclay, 2002, S.9-26.

⁸⁶ Siehe Anhang 7, S.74 für das Lieferantenverzeichnis

angeschweisst werden. Mindestens ein Keil muss mobil bleiben, um das Herausnehmen des Objektes zu erleichtern. Dieser wird mit einer Schiene aus Wellpappe befestigt.

Der Support aus Ethafoam® und die Wabenplatte (inkl. Gleiter) werden mit 4,5 x 40 mm Senkkopfschrauben aus verzinktem Stahl von unten zusammengeschraubt. Dabei ist zu beachten, dass die Schrauben nicht unter dem Gefäss platziert werden, um jegliche Schäden zu vermeiden.

Die Schachtel wird aus 4,5 mm dickem Wellkarton hergestellt und mit Aluminium-Blindnieten zusammengefügt. Eine Seite wird nicht mit Nieten festgemacht sondern mit Baumwollbändern und dient als Öffnung der Schachtel.

Falls mehr als ein Keil mit einer Schiene befestigt wird, werden die Keile nummeriert und mit einem Foto der Passstelle gekennzeichnet, sodass es offensichtlich ist, welcher Keil wohin kommt. Weil die Keile passgenau hergestellt werden und daher jeder ein Unikat ist, ist es sehr wichtig, dass jeder an die richtige Stelle kommt. Andernfalls wäre das Gefäss durch die verringerte Kontaktfläche nicht genügend unterstützt oder es könnte zu Druckstellen führen, welche das Objekt mit der Zeit beschädigen würden.

Nach der Herstellung der Verpackung wird ein Foto des Objekts in der Verpackung gemacht, laminiert und beigelegt. Auf diese Art wird die genaue Position des Objekts in der Verpackung dokumentiert und kann wieder richtig zurückgestellt werden.

Im Anhang 8, S. 76-78 befinden sich schematische Darstellungen zu der Verpackung für jedes Objekt.

3.1.5. Empfehlungen für die Handhabung der Verpackung und der Objekte

Das Objekt sollte nur dann aus der Verpackung entnommen werden, wenn es nötig ist. Falls dies der Fall ist, sollte ausreichend Platz für die Schachtel und das Objekt vorbereitet werden, d.h. es wird mindestens doppelt so viel Platz wie die Grundfläche der Schachtel benötigt. Bevor man das Objekt von einem Ort an einen anderen transportiert, sollte man sich vergewissern, dass keine Gegenstände oder geschlossene Türen den Weg versperren. Während des Transports muss man sich mit Bedacht bewegen und immer wachsam bleiben. Benutzt man ein Hilfsmittel wie z.B. einen Hubwagen, sollte man dessen Gebrauch gut beherrschen⁸⁷.

Handhabung der Verpackung

Nachdem man sich vergewissert hat, dass genügend Platz zur Verfügung steht, werden als erstes die Schliesslaschen aus Baumwollband geöffnet. Anschliessend wird das Objekt mit der Stützstruktur aus der Verpackung entnommen. Dazu zieht man es an der Wabenplatte heraus, indem man aufpasst keine ruckartigen Bewegungen zu machen. Danach kann man den bzw. die mobilen Keile mit einer horizontalen Bewegung herausziehen. Erst dann kann das Objekt aus der Stützstruktur herausgehoben werden.

⁸⁷ Illes, 2004, S.9-29.

Handhabung der Objekte

Die grösseren Objekte (V.89.3/46.366, Bsw.007.2/9.1 und Ober-Endingen 2382) sollten nur zu zweit getragen werden, einerseits wegen des Gewichts und andererseits wegen den Dimensionen der Verpackung / Objekte. Falls möglich sollte man das Objekt nicht direkt berühren, sondern die Verpackung zur Handhabung bevorzugen. Bevor das Objekt angefasst wird, muss man sich der Stabilität der Berührungspunkte vergewissern. Ein Gefäss sollte nie an fragilen Stellen wie Henkeln oder am Rand hochgehoben werden⁸⁸. Die Schäden am Dolium (V.89.3/46.366) sind ein sehr treffliches Beispiel einer falschen Manipulation, da sie durch das Hochheben des Objekts am Rand verursacht wurden. Wird das Objekt aus der Stützstruktur entnommen, sollte es im unteren Bereich angefasst werden und so angehoben werden, dass es nicht an der Stütze reibt oder hängen bleibt.

Klima

Für Keramik wird eine relative Luftfeuchtigkeit von 40 – 65 % mit einer Schwankung von weniger als 5 % in einer Stunde empfohlen. Keramik ist sehr empfindlich auf rasche Temperaturschwankungen (Temperaturschock), die in extremen Fällen (z.B. bei einem Brand) zur totalen Zerstörung des Objekts führen kann. Eine Temperatur zwischen 18 und 25°C wird empfohlen⁸⁹.

3.2. Transportverpackung

Wie bei der Lagerungsverpackung werden auch für die Transportverpackung nur wenig verschiedene Materialien und Methoden verwendet. Durch eine Umfrage bei Kunsttransportfirmen und Kulturinstitutionen (Museen, archäologische Dienste) kann man erkennen, dass sich die Methoden nur leicht unterscheiden (Siehe Anhang 6, S.73).

Der grösste Unterschied liegt darin, dass die Kunsttransportfirmen für alle Transporte Holzkisten verwenden, während diese in Museen nur vereinzelt verwendet werden. In Museen werden „Standardverpackungen“ wie Paletten oder Rako®-Kisten bevorzugt, in welche die Objekte mit Schaumstoffkeilen oder Luftpolsterfolie eingebettet werden.

3.2.1. Verpackungsmaterialien für den Transport

Bei den Materialien, welche für den Transport verwendet werden, kann man keinen Unterschied zwischen Kunsttransportfirmen und Kulturinstitutionen sehen. Alle verwenden einerseits einige der Materialien, welche für die Lagerungsverpackung zum Einsatz kommen (PE-Schaumstoff, Seidenpapier, Tyvek® und Holz), und andererseits folgende Materialien, welche ausschliesslich für den Transport verwendet werden.

⁸⁸ Illes, 2004, S.79.

⁸⁹ Buys und Oakley, 2011, S.29-30.

Luftpolyesterfolie

Luftpolyesterfolie ist ein weitverbreitetes Verpackungsmaterial, das aus zwei Schichten LD-PE (low-density polyethylene) mit Lufteinschlüssen (Blasen) besteht. Normalerweise wird es nicht in direktem Kontakt mit den Objekten verwendet, sondern es wird eine Zwischenlage z.B. aus Seidenpapier auf die Oberfläche gelegt. Nicht alle Sorten bestehen aus reinem PE, manche enthalten auch Polyvinylchlorid (PVC) oder Polyvinylidenchlorid (PVdC). Sie sollten nicht für Konservierungszwecke benutzt werden, da Salzsäure (HCl) entstehen könnte. Im Allgemeinen sollte Luftpolyesterfolie nicht für Langzeitverpackungen verwendet werden, da die Luft mit der Zeit entweicht und die Folie ihre Wirkung verliert⁹⁰.

Pergamin

Pergamin ist ein sehr dünnes, durchscheinendes Papier aus gebleichtem Zellstoff. Da es fettdicht ist, wird es häufig in der Lebensmittelindustrie verwendet. Dank seiner Transparenz findet es auch in der Herstellung von Fotoalben (Zwischenlageblätter) Verwendung. Pergamin ist jedoch ein nicht alterungsbeständiges Material, da es sich unter Lichteinwirkung zersetzt und brüchig wird. Es wird auch in säurefreier Archivqualität produziert⁹¹.

In der Konservierung wird Pergamin für den Schutz von fragilen Oberflächen verwendet.

Styropor®

Styropor® ist ein Markenname für expandiertes Polystyrol (PS). Zur Herstellung werden kleine PS-Perlen geschäumt, wodurch diese typische Struktur aus zusammengeschweissten Kügelchen entsteht. Der Schaumstoff beinhaltet einen grossen Luftanteil (98%) und wird daher bei der Verpackung zur Wärmeisolation eingesetzt⁹². Es wird heutzutage nicht mehr für die Lagerungsverpackung verwendet, da es den Nachteil hat, dass sich die kleinen Kügelchen lösen.

Polyurethan-Schaumstoffe

Es gibt hauptsächlich drei verschiedene Arten von Polyurethan(PU)-Schaumstoffen: Polyester-PU, Polyether-PU und Verbundschaumstoff aus PU. Sie sind jedoch alle drei chemisch instabil und dürfen daher ausschliesslich für Kurzzeitverpackungen z.B. für den Transport verwendet werden⁹³.

Schaumstoffe, welche auf Polyester- oder Polyetherbasis hergestellt werden, unterscheiden sich im Aussehen und in den Polsterungseigenschaften kaum. Sie werden aus unterschiedlichen Basen hergestellt (Polyetherpolyol/ Polyesterpolyol⁹⁴). Beide haben eine offenzellige Struktur, wobei die Zellen des Polyesters leicht kleiner sind – was den Schaumstoff etwas härter macht. Ausserdem zersetzen sich die Polyether-Schaumstoffe etwas schneller als die Polyester-Schaumstoffe. Die Produktion des

⁹⁰ Winsor, 2011, S.101 / Préserv'Art, 2008 b [online].

⁹¹ Material Archiv, 2015 d [online].

⁹² Material Archiv, 2015 e [online].

⁹³ Préserv'Art, 2007 [online].

⁹⁴ Material Archiv, 2015 h [online].

Polyether-Schaumstoffe ist hingegen weniger teuer als die des Polyesters und daher ist er bei den Produzenten auch weiter verbreitet⁹⁵.

PU Verbundschaumstoffe werden aus Abfallschnipseln hergestellt und mit einem Bindemittel zu Blöcken geformt. Der verwendete Verbundschaumstoff hat meistens eine höhere Dichte (ca. 170 kg/m³) als die PU-Schaumstoffe (ca. 22 kg/m³)⁹⁶.

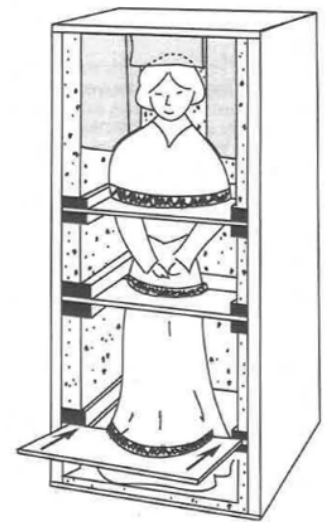
3.2.2. Verpackungsmethoden für den Transport

Im Unterschied zu den zahlreichen Methoden für die Lagerungsverpackung werden für den Transport nur wenig verschiedene Methoden verwendet. Bei den angefragten Institutionen und Unternehmen finden für den Transport zwei Methoden Verwendung: Holzkisten oder Paletten.

Methode 1: Holzkisten

Alle angefragten Transportunternehmen verwenden entweder standardisierte (mit vorgegebenen Massen) oder massgefertigte (an ein bestimmtes Objekt angepasste Masse) Kisten. Dabei kommt es vor allem auf den Wert und die Fragilität des zu transportierenden Objektes an. Auch das Sammlungszentrum des Schweizerischen Nationalmuseums in Affoltern-am-Albis und das Kunsthistorische Museum Wien benutzen in einigen Fällen Holzkisten.

Die Objekte werden entweder direkt in eine Kiste eingebettet (mit Luftpolsterfolie, Füllmaterial oder Schaumstoffzuschnitten) oder es wird das sogenannte Doppelkisten-System angewendet. Das Doppelkisten-System besteht aus einer inneren Kiste, in welcher das Objekt so befestigt wird, dass es sich nicht mehr bewegen kann. Es gibt hauptsächlich zwei Methoden das Objekt zu befestigen. Entweder wird ein passgenauer „Mantel“ aus aufeinanderliegenden Schaumstoffplatten gefertigt. Oder es werden sogenannte Schieber verwendet (Abb. 26). Das Prinzip bei den Schiebern ist dasselbe wie bei den Schaumstoffplatten, nur werden sozusagen einige Platten ausgelassen. Die Platten werden zweiteilig hergestellt und werden von Schienen unterstützt, welche an den Seitenwänden befestigt sind. Bei dieser Methode wird weniger Schaumstoff benötigt, was bei grossen Objekten von Vorteil ist. Ein wichtiger Punkt ist, dass sich das Objekt in der inneren Kiste nicht bewegen kann, sodass eine Einheit gebildet wird⁹⁷. Die innere Kiste wird dann mit einer Polsterung, die der Stossdämpfung dient, in die äussere Kiste eingebettet.



III. 18

Abb. 26 Innere Kiste mit Schieber (© Illes, 2004, S.27.)

⁹⁵ Barber, 2014 [online].

⁹⁶ Läuchli, 2014, S.9.

⁹⁷ Marcon, 2014 a [online].

Diese Polsterung ist ausschlaggebend für die Effizienz der Verpackung und muss mit Sorgfalt ausgewählt werden.

Für die Wahl und die Berechnung der Dimensionen des Polstermaterials in einer Doppelkiste hat das ICC (Institut canadien de conservation) ein Programm namens PadCAD[®] entwickelt. Der Benutzer gibt in einem ersten Schritt das Gewicht, die Dimensionen und die Fragilität des Objekts sowie die wahrscheinliche Fallhöhe an. In einem zweiten Schritt kann er das Material der inneren Kiste und die Präsenz von Isolation festlegen. Dann werden das Polsterungskonzept (flächendeckend, nur die Ecken...) und falls nötig die Dimensionen der Polsterpads eingegeben. Das Programm berechnet in Folge der Angaben verschiedene Lösungen und gibt an wie gross die Kräfte sind, welche das Objekt erreichen⁹⁸.

Wird die innere Kiste aus langzeitstabilen Materialien gebaut (z.B. Wellkarton oder PP-Stegplatten), kann diese auch für die Lagerung verwendet werden.

Für längere Transporte und insbesondere für heikle Kulturgüter wird die äussere Kiste mit Styropor[®]-Platten isoliert, um das Klima im Innern zu stabilisieren. Zum Schutz von fragilen Oberflächen werden meistens Seidenpapier, Pergamin oder Tyvek[®] zwischen das Objekt und den Schaumstoff gelegt. Bei der Welte-Furrer Fine Art AG, Zürich⁹⁹ wird auch Stretchfolie verwendet, um Reibungen zwischen dem Verpackungsmaterial und den Objekten zu vermeiden.

Methode 2: Paletten

Diese zweite Methode unterscheidet sich nur teilweise von der ersten und wird mehr von Kulturinstitutionen (Kantonsarchäologie Aargau, Kunsthistorisches Museum Wien und SMRA) als von Transportfirmen verwendet. Entweder wird auch ein Doppelkisten-System verwendet, wobei die äussere Kiste durch eine Palette mit einem Aufsetzrahmen und einem Deckel ersetzt wird. Oder es wird keine innere Kiste verwendet und die Objekte werden direkt bzw. mit einer Trennschicht aus chemisch stabilem und feinem Material (z.B. Seidenpapier oder Tyvek[®]) mit stossdämpfendem Material gepolstert. Für die direkte Polsterung eignen sich Kissen aus Tyvek[®] oder Polyestergewebe gefüllt mit Styropor[®]-Kügelchen – wie sie bei der Welte-Furrer Fine Art AG, Zürich bzw. im Kunsthistorischen Museum Wien benutzt werden – sehr gut.

Grossformatige Objekte werden im Kunsthistorischen Museum Wien manchmal auch ohne Aufsetzrahmen mit Textilgurten, welche an der Palette festgeschraubt sind, direkt befestigt.

Der Vorteil dieser Methode ist, dass die Verpackung im Vergleich zur Methode 1 in relativ kurzer Zeit hergestellt werden kann und beliebig wiederverwendbar ist. Ausserdem gibt es heutzutage auch Paletten / Aufsetzrahmen aus Kunststoff und somit kann die Verwendung von Holz vermieden werden.

⁹⁸ Marcon und Strang, 1999.

⁹⁹ Treffen mit Herrn Thomas Holzer, Schreiner der Welte-Furrer Fine Art AG, Zürich.

Ein Nachteil ist die fixe Grösse der Paletten, denn man braucht für etwas kleinere Objekte viel Polstermaterial. Objekte, die hingegen länger oder breiter als eine Palette sind, können mit dieser Methode nicht oder nur unter grosser Vorsicht transportiert werden.

4. Testreihe zur Stossdämpfung

4.1. Ausgewählte Kriterien für die Testreihe

Die am meisten gebrauchte und meistempfohlene Methode ist das Doppelkisten-System. Es weist viele Vorteile auf, da man mit der inneren Verpackung das Objekt sachgerecht unterstützen kann und, falls langzeitstabile Materialien verwendet werden, diese Verpackung auch zur Lagerung verwenden kann¹⁰⁰. Ausserdem wird die Last auf diese Art gleichmässig auf der Polsterung verteilt.

Nach dem Vergleich der zwei präsentierten Verpackungsmethoden für den Transport, kam ich zum Schluss, dass die Methode 2 (mit Paletten) für die betroffenen Objekte gut geeignet ist. Denn diese werden bereits und auch in Zukunft auf Paletten gelagert. Ausserdem ist diese Methode für die Mitarbeiter der Kantonsarchäologie anwendbar.

Das Grundsystem, welches in diesem Test untersucht wird, besteht wie beim klassischen Doppelkisten-System aus drei Hauptteilen: eine innere Kiste, eine äussere Kiste und das Polstermaterial dazwischen. Die innere Kiste ist in diesem Fall eine Schachtel aus Wellpappe (4,5 mm dick) in welcher das Testobjekt mit Ethafoam® so gestützt wird, dass es sich nicht mehr bewegt – also die Lagerungsverpackung (Abb. 27). Die äussere Kiste besteht aus einer Kunststoffpalette mit Aufsetzrahmen und als Polstermaterial wurde Polyether-PU-Schaumstoff



Abb. 27 Lagerungsverpackung, welche als innere Kiste für den Transport verwendet wird. Hier für das Testobjekt (1: Testobjekt; 2: Ethafoam®-Stützstruktur; 3: Wabenplatte; 4: Schachtel aus Wabenkarton)

(mit einer Dichte von ca. 25 kg/m³) ausgewählt¹⁰¹, da dieser sich sehr gut zur Stossdämpfung eignet und gut verfügbar ist (bei Digipack AG kostet 1 m² (Dicke 10 cm) zum Vergleich: PE-Schaumstoff = 81,12 CHF / PU-Schaumstoff = 49,25 CHF). Damit das Gewicht der Kartonschachtel gleichmässig auf dem PU-Schaumstoff verteilt wird, wird eine Platte aus Wabenkarton dazwischen gelegt. Ausserdem, kann auf diese Weise der Schaumstoff mit Heissleim an der Wabenplatte befestigt werden und bleibt von der Lagerungsverpackung getrennt. Es wird kein Deckel verwendet, sondern die Kartonschachtel

¹⁰⁰ Rémillard, 1992, S.226.

¹⁰¹ Marcon, 2014 a [online].

wird mit einem Spanngurt nach oben befestigt. Auf den Seiten der Schachtel werden PU-Schaumstoff-Quader verwendet, welche die Kiste polstern und gleichzeitig seitlich stabilisieren.

Die Variable in dem Test ist der Schaumstoff unter der Schachtel (Abb. 28) – d.h. das Polstermaterial zwischen der inneren und äusseren Kiste. Es werden zwei verschiedene Dicken (5 und 10 cm) und zwei verschiedene Formate des PU-Schaumstoffs (ganze Oberfläche oder zwei

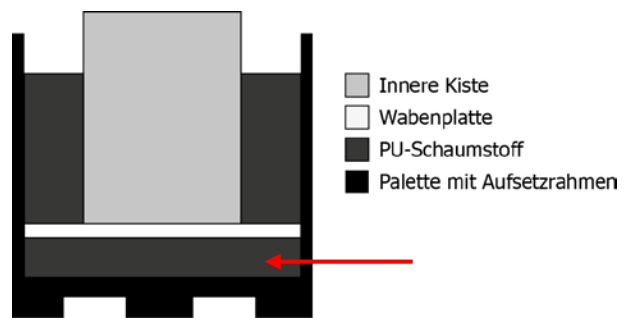


Abb. 28 Schematische Darstellung der Transportverpackung, der rote Pfeil zeigt die Position des variierenden Schaumstoffs

Schaumstoffpads mit optimaler statischer Belastung) getestet. Zusätzlich wird ein Test mit 10 cm dickem flächendeckendem Ethafoam® (mit einer Dichte von ca. 35 kg/m³) gemacht, um einen negativen Vergleichspunkt zu haben, da dieser theoretisch zu hart ist für die Stossdämpfung bei solchen Objekten.

Da nicht ein klassisches Doppelkisten-System verwendet wird, konnte das Programm (PadCAD®) des ICC zur Berechnung der Polsterungsdicke nicht benutzt werden. Die beiden Schaumstoffdicken wurden gemäss P. Marcon ausgewählt, der allgemein eine Dicke von 5 cm und für sehr fragile Objekte eine dicke von 7,5 bis 10 cm empfiehlt¹⁰².

Anschliessend wird noch eine „Schnellverpackungs-Methode“ getestet. Da das Doppelkisten-System auch in vereinfachter Version ziemlich zeitaufwendig ist (Herstellung der inneren Kiste), wäre es interessant eine schnellere Alternative zur Auswahl zu haben. Diese Methode wurde im vorherigen Kapitel nicht beschrieben, da sie von keiner anderen Institution verwendet wird, und aus der Überlegung, wie man die Verpackung vereinfachen kann, entstanden ist. Ziel der Schnellverpackung ist es die innere Kiste durch Stretchfolie zu ersetzen, d.h. die Ethafoam®-Keile werden mit einem Bügel aus demselben Material ergänzt, um das Objekt nach oben abzusichern. Die Funktion der Seitenwände der inneren Kiste, welche die Struktur zusammenhalten wird von der Stretchfolie übernommen, die alle Schaumstoffteile (den Bügel eingeschlossen) zusammenhält.

4.2. Bericht über die praktische Durchführung

Herstellung der inneren Kiste

Als erstes musste ein Testobjekt gefunden werden, welches etwa dasselbe Gewicht hat wie die Keramikobjekte. Dazu habe ich einen Plastikbehälter, welcher mit Sandstrahlungsmittel gefüllt ist, verwendet. Der Behälter ist zwar etwas kleiner als die Objekte (Höhe: 42,5 cm / Durchmesser: 31 cm im Vergleich zum kleinsten Objekt: Höhe: 41,5 cm / Durchmesser: 46 cm) und das Gewicht ist nicht auf die gleiche Art verteilt (im unteren Bereich konzentriert im Vergleich zu der gleichmässigen

¹⁰² Marcon, 2014 b [online], Etape 5.

Gewichtsverteilung der Keramikobjekte), aber der Boden des Testobjekts – welcher die Belastungsfläche ausmacht – ist dem der Gefässe sehr ähnlich, da er auch rund ist.

Danach konnte die Stützstruktur aus Ethafoam® und einer Wabenplatte – wie im Kapitel 3.1.4., S.32 beschrieben – passend für den Behälter hergestellt werden.

Anschliessend wurde die innere Kiste nach dem Modell von Frau Bluenn Boulangé, bei welcher ich im 1. Bachelorjahr einen Kurs über Verpackungen (*AW3.2 – Material working, mounting, boxes, packing, working with synthetic polymers*) hatte, angefertigt¹⁰³. Sie wird so hergestellt, dass man sie auf einer Seite öffnen kann, um das Objekt herausnehmen zu können. Die Seitenwände werden mit Popnieten aus Aluminium mit Unterlagscheiben aus Stahl, welche das Durchreissen der Nieten verhindern, aneinander befestigt. Als Verschluss der Öffnungsseite habe ich Baumwollbänder verwendet.

Zuschneiden der Wabenplatte und der Polsterelemente

Die Dimensionen der Wabenplatte (70 x 70 cm), welche zwischen die Kiste und den Schaumstoff gelegt wird, wurden so ausgewählt, dass diese für den „echten“ Transport wiederverwendet werden kann. Danach wurden je ein Schaumstoffquadrat von 70 x 70 cm des 10 cm und 5 cm dicken PU-Schaumstoffs sowie des 10 cm dicken PE-Schaumstoffs ausgeschnitten.

Anhand von dynamischen Polsterungskurven habe ich die ideale statische Belastung bzw. Oberfläche der Pads berechnet (Siehe Anhang 5, S.70-72). Die berechnete Oberfläche wurde anschliessend auf zwei Pads verteilt, was Dimensionen von 70 x 24,5 cm (5 cm) bzw. 70 x 15,1 cm (10 cm) pro Pad ergab.

Für die Polsterung der Seiten wurden Pads aus 10 cm dickem PU-Schaumstoff hergestellt, welche das Objekt in der Mitte der Wabenplatte stabilisieren und gleichzeitig gegen Stösse schützen.

Da die Wabenplatte nicht die ganze Palette ausfüllt, musste auf einer Seite eine Zwischenwand aus einer Wellpappe und Ethafoam® angebracht werden, um das Verrutschen der inneren Kiste und des Polstermaterials zu vermeiden (Anhang 1, S.65, Abb. 47).

Für die Schnellverpackung wurde die innere Stützstruktur aus Ethafoam® verwendet und mit einem „Bügel“ ergänzt. Der Bügel wurde aus Ethafoam® hergestellt und dient der Sicherung des Gefässes nach oben (Abb. 29).

Durchführung der Transporttests

Zu Beginn des Tests musste das Stossmessgerät (Shocklog® 298) richtig eingestellt werden. Die Einstellungen wurden mit der

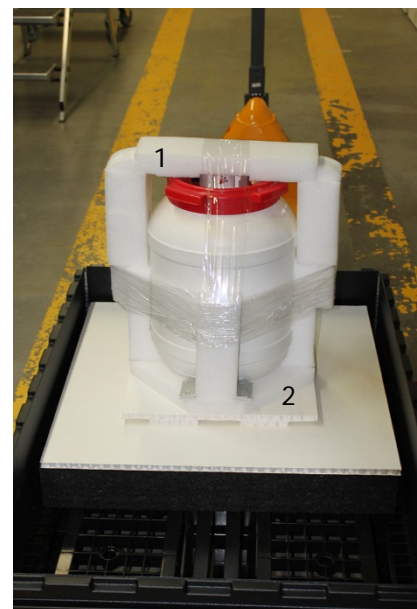


Abb. 29 Schnellverpackung bestehend aus dem Bügel (1) und der Stützstruktur (2).

¹⁰³ Siehe Anhang 9, S.79 für den Plan der Schachtel

Beratung des Herstellers (Herr Emmanuel Bouvier von Tilt-Import) gewählt und werden im Anhang 10, S.81 näher beschrieben. Sobald das Gerät aufnahm, wurde es in der inneren Kiste befestigt, sodass es nicht sich mehr bewegen konnte – wäre es nicht befestigt, würden zusätzliche Stösse gemessen werden, welche nichts mit der Verpackung zu tun hätten (Siehe Anhang 1, S.64, Abb. 45/46). Danach wurde die Kiste geschlossen und auf die Wabe gestellt, welche im Voraus mit der jeweiligen Schaumstoffunterlage auf der Palette vorbereitet wurde. Anschliessend habe ich die Aufsatzrahmen und die Seitenpolsterungen angebracht.

Als die Verpackung bereit war, habe ich die Transporte durchgeführt – wie im Kapitel 2.2., S.24 beschrieben. Nachdem die Kiste mit dem Stapler ins Zeughaus gestellt wurde, entfernte ich das Messgerät, stoppte es und lud die Daten herunter.

4.3. Fazit der Testfahrten

Tabelle 1 Zusammenfassung der Testdurchläufe

Test 0	Messgerät direkt auf Palette fixiert
Test 1	Messgerät in Kartonschachtel mit Unterlage aus einem flächendeckenden 10 cm dicken PU-Schaumstoff
Test 2	Messgerät in Kartonschachtel mit Unterlage aus einem flächendeckenden 5 cm dicken PU-Schaumstoff
Test 3	Messgerät in Kartonschachtel mit Unterlage aus zwei 10 cm dicken PU-Schaumstoffpads
Test 4	Messgerät in Kartonschachtel mit Unterlage aus zwei 5 cm dicken PU-Schaumstoffpads
Test 5	Messgerät in Kartonschachtel mit Unterlage aus einem flächendeckenden 10 cm dicken PE-Schaumstoff
Test 6	Messgerät auf Testobjekt, welches mit Stretchfolie fixiert ist („Schnellverpackung“) mit Unterlage aus einem flächendeckenden 10 cm dicken PU-Schaumstoff
Test 7	Messgerät auf Testobjekt, welches mit Stretchfolie fixiert ist („Schnellverpackung“) mit Unterlage aus einem flächendeckenden 10 cm dicken PU-Schaumstoff und verbesserter Seitenabsicherung

Wenn man die Graphen¹⁰⁴ der Transporttests vergleicht, sieht man ganz klar, dass der Referenztest (Messgerät direkt auf der Palette) die grössten Peaks ausgelöst hat – was den Erwartungen entspricht. Auch beim Vergleich der maximalen Peak-Werte pro Richtung sieht man, dass sie in zwei von drei Richtungen beim Referenztest am höchsten liegen (Tabelle 2).

Betrachtet man die gesamte Kurve, kann man wiederkehrende Muster erkennen. So sieht man jeweils zwei bis drei Peaks (vertikale Richtung) beim Transport mit dem Aufzug (Ein- und Aussteigen) und wiederum zwei bis drei Peaks in dieselbe Richtung beim Einladen mit der Rampe. Diese könnten dem Passieren der Schwellen entsprechen, bei dem der Hubwagen leicht schwankt.

¹⁰⁴ Siehe Anhang 11, S.82-85.

Ein weiteres Muster ist bei der Fahrt erkennbar, welche zu Beginn relativ gleichmässige niedrige Werte und gegen Ende (kurz vor der Ankunft) jeweils eine Serie grösserer Peaks aufweist (Abb. 30). Die Dauer der Fahrt war von der Verkehrslage abhängig und betrug zwischen fünf und sieben Minuten. Die Fahrt mit den wenigsten Erschütterungen ist die des Tests 1 – also mit einem flächendeckenden 10 cm dicken PU-Schaumstoff. Die Fahrt mit den meisten Schlägen ist erstaunlicherweise nicht die des Tests 0, sondern diejenige des Tests 6.

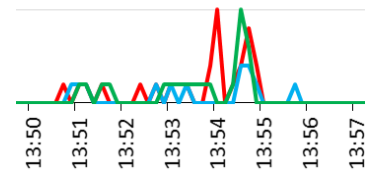


Abb. 30 Ausschnitt, der das Muster der Fahrt zeigt, aus dem Graph des Referenztests (Anhang 11, S.82, Graph 1)

Wenn man nun den Test 6 mit der Referenz vergleicht, kann man sehen, dass die „Schnellverpackung“ die Stösse bis zum Einladen und beim Ausladen relativ gut dämpft. Während der Fahrt werden die Erschütterungen jedoch in alle drei Richtungen verstärkt. Dies könnte daran liegen, dass das Gefäss einerseits nach oben nicht abgesichert war und andererseits seitlich schwanken konnte, da der Schaumstoff nur im unteren Bereich angebracht war. Aus diesem Grund wurde dieser Test mit einer Sicherung der Seiten und nach oben wiederholt (Siehe Anhang 1, S.65, Abb. 48/49). Die Resultate des Test 7 fallen in den seitlichen Richtungen (vorne-hinten und seitwärts) deutlich besser aus als beim Test 6 – es werden lediglich Werte von 0,4 / 0,5 g anstatt 1,0 / 1,5 g aufgenommen (Tabelle 2). In der vertikalen Richtung wurde derselbe maximale Wert (0,9 g) gemessen, was durchaus normal ist, da der gleiche Schaumstoff verwendet wurde. Diese Methode könnte daher mit der richtigen Polsterung durchaus angewendet werden, falls es aus Zeitmangel nötig wäre. Sie hat jedoch den Nachteil, dass die Objekte keinen Staubschutz haben. In diesem Fall wäre es ratsam für die Lagerung eine Palette mit Aufsetzrahmen und Deckel zu verwenden.

Tabelle 2 Maximale Peak-Werte der sechs Transporttests nach Ausrichtung. Die Farben der Ausrichtungen entsprechen den Farben auf den Graphen. (Max. Peak: gelb = höchste Werte / hellgrün = tiefste Werte)

Max. Peak (g)	Test 0	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7
Vertikal	3,2	0,8	1,5	0,7	0,7	0,6	0,9	0,9
Vorne-hinten	1,7	0,3	0,5	0,4	0,2	0,3	1,0	0,4
Seitwärts	1,0	0,8	0,4	0,4	0,4	0,3	1,5	0,5

Um die Effizienz der Polsterung in den Tests 1 bis 5 zu bewerten, betrachten wir nun ausschliesslich die vertikale Richtung (Tabelle 2). Diese Richtung ist ausschlaggebend, da im Test lediglich der Schaumstoff unter der Kiste geändert wurde. Der Test 2 mit dem flächendeckenden 5 cm dicken PU-Schaumstoff schneidet deutlich schlechter ab (Max. Peak: 1,5 g), als die anderen vier (Max. Peak: 0,6 – 0,8 g). Erstaunlicherweise schneidet der PE-Schaumstoff, welcher theoretisch nicht geeignet wäre, am besten ab. Da das Gerät mit einer Genauigkeit von +/- 0,2 g misst, kann man sagen, dass die vier Tests gleichwertig sind. Dieser Test erlaubt uns daher nur zu sagen, dass die Verwendung von Schaumstoff

eine deutliche Verbesserung im Vergleich zum Referenztest bringt. Er ermöglicht uns jedoch nicht die Effizienz der verschiedenen Variablen (Schaumstoffart, -dicke und -menge) zu beurteilen.

In der Literatur wird angegeben, dass die Werte bei einem Lastwagentransport maximale Werte erreichen können, welche einem Fall von 15 cm Höhe entspricht. Bei einer Polsterung aus 5 cm dickem Schaumstoff könnte man daher theoretisch Werte bis zu 18 *g* erreichen¹⁰⁵. Die Messwerte in unserem Versuch liegen jedoch viel niedriger (höchster Wert: 3,2 *g* beim Test ohne Polsterung). Dies könnte daran liegen, dass nicht ein Lastwagen, sondern ein viel kleineres Fahrzeug benutzt wurde und der Fahrstil möglichst flüssig gehalten wurde.

Die Fragilität von Keramikobjekten liegt zwischen 40 und 60 *g* – für sehr fragile Objekte 25 bis 40 *g*¹⁰⁶. Zur Erinnerung: die Fragilität beschreibt, welche Kraft ein Objekt für eine kurze Zeit ohne Schäden ertragen kann. Bei den betroffenen Keramikgefässen könnte diese Fragilität je nach Objekt noch tiefer liegen, da die meisten unvollständig und zum Teil nur gefestigt und nicht geklebt sind (z.B. Bsw.007.2/9.1). Vergleicht man nun die gemessenen Werte mit dieser Sensibilität, liegt man weit unterhalb der kritischen Grenze. Schäden sind jedoch nicht vollständig ausgeschlossen im Falle, dass das Objekt wiederholt einer niedrigen Kraft (meist durch Vibration verursacht) ausgesetzt wird¹⁰⁷.

Um ein eindeutigeres Urteil fällen zu können, habe ich zusätzlich einen Falltest gemacht. Für diesen Test wurden die Kiste (mitsamt dem Testobjekt) mit Spanngurten auf der 70 x 70 cm Wabenplatte und der Schaumstoff mit Klebestreifen an der Wabenplatte befestigt, sodass der Schaumstoff beliebig gewechselt werden konnte. Das Messgerät wurde mit Ethafoam®-Keilen in der Kiste fixiert. Anschliessend habe ich das Ganze mit einer Holzleiste, welche an der Oberseite der Kiste befestigt wurde, von Hand auf 60 cm hochgehoben und fallengelassen. Diese Höhe wurde ausgewählt, da dies laut P. Marcon die mögliche Fallhöhe einer 20 – 45 kg schweren Kiste ist¹⁰⁸. In diesem Test wurde nur ein vertikaler Fall untersucht, das Kippen zur Seite hingegen nicht. Für jede Variante wurden zwei Tests gemacht, um zu sehen ob der erhaltene Wert repräsentativ ist.

Vergleicht man die Ergebnisse, kann man sehen, dass man mit der Polsterung aus 10 cm dickem PU-Schaumstoff mit optimaler statischer Belastung (Pads) die tiefsten Werte und somit die beste Stossdämpfung erhalten hat (Tabelle 3, Test G / H). Die höchsten Werte wurden – wie erwartet – bei der Benutzung von PE-Schaumstoff erreicht. Ausserdem kann man aufgrund dieses Tests bestätigen, dass die statische Belastung eine wichtige Rolle in der Stossdämpfung spielt, da die Werte mit den flächendeckenden Schaumstoffplatten höher ausfallen als diejenigen mit den Pads mit optimaler

¹⁰⁵ Marcon, 2014 a [online].

¹⁰⁶ Ebd.

¹⁰⁷ Ebd.

¹⁰⁸ Ebd., vgl. Anhang 4, S.69.

Belastung. Weiter wird der Aufprall – wie es auch logisch scheint – weniger vom 5 cm dicken (Mittelwert von den zwei Tests: 31,6 g) als vom 10 cm dicken Schaumstoff (Mittelwert: 24,25 g) abgefedert.

Tabelle 3 Testergebnisse des Falltests (grün: < 25 g / gelb: > 25 g / rot: > 40 g)

Test		Max. Peak (g)	Mittelwert (g)
5 cm PU (flächig)	Test A	41,3	38,05
	Test B	34,8	
5 cm PU (Pads)	Test C	24,8	31,60
	Test D	38,4	
10 cm PU (flächig)	Test E	42,4	41,45
	Test F	40,5	
10 cm PU (Pads)	Test G	24,9	24,25
	Test H	23,6	
10 cm PE (flächig)	Test I	47,9	52,10
	Test J	56,3	


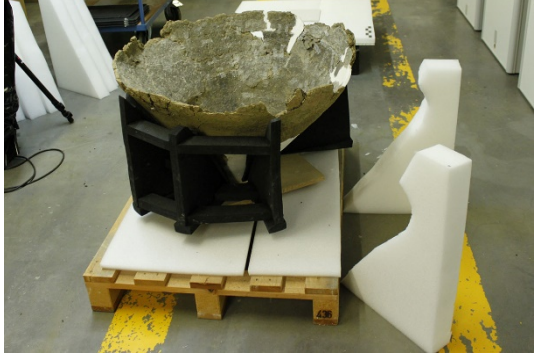

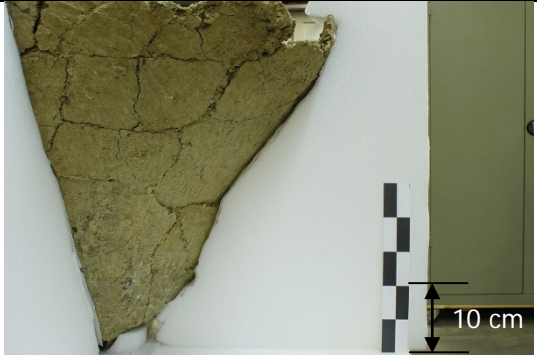
Durch diesen Test kann man sehen, dass ein Fall bei falscher Belastung oder Wahl des Schaumstoffs für die Objekte ziemlich gefährlich werden kann. Man kann also bestätigen, dass bei der Polsterung nicht immer gilt: mehr Schaumstoff = mehr Stossdämpfung. Es ist alles eine Frage der statischen Belastung. Weiter ist zu beachten, dass in diesem Test lediglich ein senkrechter Fall untersucht wurde, da die Seitenpolsterungen für den Falltest weggelassen wurden.

Die sehr fragilen Keramikobjekte der Kantonsarchäologie würden wahrscheinlich auch bei der Verwendung der besten Lösung (10 cm dicker PU-Schaumstoff mit optimaler statischer Belastung) einen Fall von 60 cm Höhe nicht ohne Schäden überstehen, da sich ihre Fragilität wahrscheinlich unter 25 g befindet.

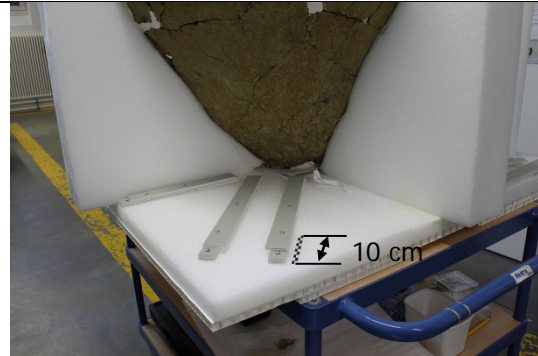
5. Herstellung einer Lagerungsverpackung

5.1. Herstellungsschritte

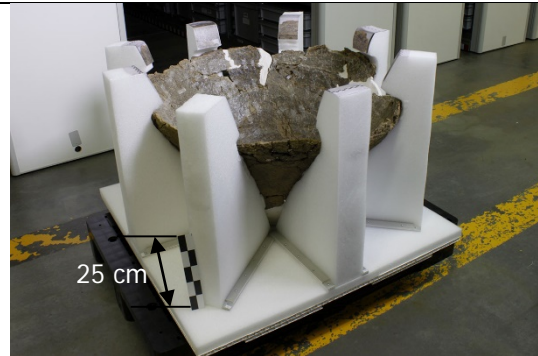
Die Herstellungsschritte werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Herstellungsschritt	Abbildung
Als erstes wurde die Grundplatte aus Ethafoam® und Wabenkarton zugeschnitten und mittels Schrauben von der Unterseite her zusammengefügt.	
Anschliessend wurden die zuvor vorgeschrittenen Ethafoam®-Keile passgenau auf die Aussenseite des Gefässes zugeschnitten. Dabei wurde nach und nach die alte Stützstruktur entfernt, damit das Gefäss nicht zu lange ohne Unterstützung verweilte.	
Als alle Stützen zugeschnitten waren, wurde das Gefäss von zwei Personen auf die neue Grundplatte gestellt.	
Nach den Feinanpassungen wurde die Oberfläche des Ethafoams®, welche mit dem Objekt in Berührung kommt mit einem 1-2 mm dünnen Ethafoam®-Schaumstoff bedeckt.	

Danach wurden alle Stützen mit Schienen an der Grundplatte befestigt. Die Schienen wurden aus drei Lagen 4,5 mm dickem Wellkarton (mit längsverlaufenden Wellen) zu geschnitten und mit verzinkten Stahlschrauben befestigt.



Schliesslich wurden die Stützen, die breiter als die Grundplatte waren, gekürzt und die genaue Position der Stützen dokumentiert. Dazu wurden die Stützen nummeriert und durch ein Foto der genauen Passstelle bestückt.



5.2. Abweichung vom theoretischen Konzept

Wegen der Grösse und der Fragilität dieses Gefässes wurde keine Schachtel aus Wellkarton hergestellt. Einerseits messen die Kartonbögen 110 x 172 cm und die Kiste wäre daher eine Art „Patchwork“. Zudem ist der Karton bei solchen Dimensionen (die Grundfläche der Schachtel würde 100 x 100 cm messen) nicht mehr sehr stabil und würde in der Mitte durchhängen. Dies könnte lediglich durch eine äussere Verstärkung vermieden werden. Für die Lagerung empfehle ich die Herstellung einer Tyvek®-Hülle, damit das Objekt dennoch vor dem Staub geschützt wird.

Des Weiteren wurden alle Keile mit Schienen befestigt, um das Positionieren des Gefässes, welches nur von der Innenseite her mit Japanpapier gefestigt wurde, zu erleichtern. Auf diese Weise hat man von allen Seiten Zugriff und kann das Gefäss auch zu zweit hochheben.

Ausserdem wurde das Objekt nicht direkt auf die Schaumstoffplatte, sondern auf einen Wellkarton (mit einer Schicht aus 2 mm dickem Ethafoam®) gestellt. So kann das Objekt für die feine Anpassung der Position bewegt werden, ohne dass das Gefäss direkt angefasst werden muss.

Für den Transport müssen Seitenwände angebracht werden, welche die Stützstruktur am Vibrieren hindern. Wegen den grossen Dimensionen (das Objekt mit der Lagerungsverpackung ist breiter als die Palette) kann kein Aufsetzrahmen verwendet werden. Da die Wände nur vorübergehend (ausschliesslich für den Transport) angebracht werden, wird die Verwendung von Holzplatten empfohlen, da diese eine grössere mechanische Stabilität aufweisen als Well- oder Wabenkarton. Eine andere Möglichkeit wäre die Verwendung der getesteten Schnellverpackungs-Methode mit Stretchfolie, welche sich im Test als effizient erwies, unter der Voraussetzung, dass ausreichend Seitenpolsterung angebracht wurde.

Diskussion und Schlussbetrachtungen

Diese Arbeit ist eine Studie zu sieben grossformatigen Keramikgefässen, welche mehrheitlich aus der Bronzezeit stammen. Diese Gefässe, welche durch ihre Unvollständigkeit und ihre Beschaffenheit sehr fragil sind, müssen in den nächsten Jahren wegen Platzmangels in ein anderes Depot transportiert werden.

Das Ziel der Arbeit war also die Erarbeitung eines Konzepts für die Verpackung der Objekte – für den Transport und die anschliessende Lagerung. Die Anforderungen an eine Transport- oder Lagerungsverpackung sind nicht dieselben: beim Transport steht die Stossdämpfung an erster Stelle und bei der Lagerung die Langzeitstabilität der Materialien. Nach einer Recherche bezüglich der Verpackungsmaterialien und -methoden für die Lagerung und den Transport wurde ein Konzept gewählt, bei welchem die beiden Verpackungen getrennt werden können.

Die Lagerungsverpackung besteht aus einem Support aus Ethafoam®-Keilen und einer Wabenplatte, welche in eine Schachtel aus Wellkarton gestellt wird. Dieses Konzept bietet den Objekten eine gute Unterstützung und schützt sie vor Staubbelastung. Ausserdem kann diese Lagerungsverpackung unverändert in die Transportverpackung integriert werden. Diese wird nach dem Prinzip des Doppelkisten-Systems aufgebaut und besteht aus einer Palette mit Aufsetzrahmen, in welche die innere Kiste (Lagerungsverpackung) mit einer Schaumstoffpolsterung eingebettet wird.

Im Kapitel 4 der Arbeit wurden zwei Testreihen zur Stossdämpfung dieser Schaumstoffpolsterung durchgeführt. Für die erste Testreihe wurde der Transport – wie er auch für die Übersiedlung der Objekte geplant ist – durchgeführt. Bei diesen Tests konnte man nicht klar definieren, welche Methode die Beste ist. Die Kräfte, welche bei einem Transport mit einem Kastenwagen verursacht werden, sind im Vergleich zur Fragilität der Objekte verschwindend klein. Daher könnte man sagen, dass intuitives Polstern ohne Berechnungen im Falle eines Transports ohne Zwischenfälle durchaus effizient sein kann. Für die zweite Testreihe wurde ein Falltest von 60 cm Höhe (wahrscheinliche Fallhöhe) durchgeführt. In diesem erwies sich der 10 cm dicke Polyether-PU-Schaumstoff mit optimaler statischer Belastung als effizienteste Lösung. Dieser Test hat uns auch gezeigt, dass eine korrekte Polsterung im Extremfall unabdinglich ist. Wird das Objekt nicht richtig gepolstert, können die Kräfte, welche darauf einwirken, bis zum Doppelten ansteigen. Bei der Polsterung gilt daher die Annahme: mehr Schaumstoff = mehr Stossdämpfung, nicht.

In dieser Arbeit wurden die Kräfte untersucht, welche einerseits bei einem reibungslosen Strassentransport und andererseits bei einem vertikalen Fall aus wahrscheinlicher Fallhöhe entstehen können. Es wäre weiterführend interessant, zu untersuchen, was mit der ausgewählten Verpackungsmethode bei Seitenstössen passieren würde. Diese werden entweder durch falsche Manipulationen z.B. mit dem Hubwagen oder Unfälle ausgelöst und können unter Umständen sehr hohe Werte erreichen.

Ein anderes Thema, das weiter ausgebaut werden könnte, ist die Wahl des Schaumstoffs für die Stützstruktur der Lagerungsverpackung bzw. der inneren Kiste der Transportverpackung. Um das Phänomen einer doppelten Stossdämpfung zu vermeiden, muss der innere Schaumstoff genügend hart sein, damit er sich bei einem Schock nicht verformt. Dazu wird für leichte Objekte Ethafoam® verwendet. Die Grenze, ab welcher der Schaumstoff nachgibt, wird in der Literatur mit der Belastung in kg/cm^2 angegeben. Unter diesen Werten kann man sich jedoch nichts Konkretes vorstellen und es wäre interessant zu untersuchen, ob es möglich ist, zu definieren bei welchem Gewicht die Grenze zwischen „leichten“ und „schweren“ Objekten liegt. In diesem Zusammenhang könnte man auch nach einem härteren und daher für schwere Objekte besser geeigneten Schaumstoff suchen, um eine doppelte Stossdämpfung ausschliessen zu können.

Literaturverzeichnis

- Barber, 2014 [online]: Barber, Chris. „Polyurethane Foams“. In *PACCIN - Preparation, Art Handling, Collections Care Information Network* [online]. Online-Schaltung am 20. Februar 2014 [letzter Zugriff am 02. Juli 2015]. <http://www.paccin.org/content.php?2278-Polyurethane-Foams>
- Barclay, 2002: Barclay, Robert *et al.* *Supports pour objets de musée : de la conception à la fabrication*. 2ème édition. Ministre, Travaux publics et Services gouvernementaux, Ottawa, Canada, 2002.
- Buys und Oakley, 2011: Buys, Susan und Oakley, Victoria. *The Conservation and Restoration of Ceramics*. Routledge, Oxon/New York, 2011.
- Erhardt, 1991: Erhardt, David. „Art in Transit: Material considerations“. In Mecklenburg, Marion F. (Hrsg.). *Art in Transit: Studies in the Transport of Paintings – Conference on the Packing and Transportation of Paintings, 9-11 September 1991, London*. National Gallery of Art, Washington, 1991, S.25-36.
- Fischer, 1994: Fischer, Calista. „Urnengräber der Spätbronzezeit in Reinach BL“. *Bronze, Bernstein und Keramik - Urnengräber der Spätbronzezeit in Reinach BL*, Heft 30, 1994, S.7-56.
- Gehrke und Köberle, 2014: Gehrke, Jan Peter und Köberle, Patrick. *Physik im Studium: Ein Brückenkurs*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, De Gruyter, München, 2014.
- Goffard, 2009 [online] : Goffard, Carole. „Eviter l’erreur : le choix de matériaux stables pour le stockage et l’exposition des collections muséales“. In *CeROArt. Conservation, exposition, Restauration d’Objets d’Art* [online]. N° 3, 2009 [letzter Zugriff am 01. Juni 2015]. <http://ceroart.revues.org/1150>
- Grimmer-Dehn, 1991: Grimmer-Dehn, Beate. *Die Urnenfelderkultur Im Südöstlichen Oberrheingraben*. Landesdenkmalamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 1991. Materialhefte zur Vor- und Frühgeschichte, Heft 15.
- Grüniger, 1965: Grüniger, Irmgard. *Magerung und Technik der Keramik zweier prähistorischer Stationen im Schweizer Tafeljura*. Gebrüder Oberholzer, Buchdruckerei, Uznach, 1965.
- Hochuli *et al.*, 1998: Hochuli, Stefan *et al.* (Hrsg.). *SPM III - Bronzezeit*. Verlag Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, Basel, 1998. Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter 3.
- ICC, 2013 [online]: Personnel du Laboratoire de textiles de l’ICC. „Les textiles et les conditions ambiantes - Notes de l’ICC 13/1“. In *Institut canadien de conservation* [online]. Institut canadien de conservation (ICC), 2013 [letzter Zugriff am 03. Juli 2015]. <http://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/ccinotesicc/13-1-fra.aspx>
- Illes, 2004: Illes, Véronique. *Guide de manipulation des collections*. Somogy éditions d’art, Paris, 2004.

- Kimmig, 1947: Kimmig, Wolfgang. „Beiträge zur Frühphase der Urnenfelderkultur am Oberrhein“. *Badische Fundberichte*, Sonderdruck, 17. Jahrgang, 1941-1947, S.148-195.
- Klug-Conservation, 2015 a [online]: „Qualitätsgarantie – Wabe 071 - naturweiss“. In *Klug-Conservation* [online]. Mai 2015 [letzter Zugriff am 02. Juli 2015]. <http://www.klug-conservation.de/Produkte/Wabe/Wabe/071-naturweiss>
- Klug-Conservation, 2015 b [online]: „Qualitätsgarantie – Wellpappe - EB 4.5 mm“. In *Klug-Conservation* [online]. Juni 2015 [letzter Zugriff am 02. Juli 2015]. <http://www.klug-conservation.de/Produkte/Wellpappe/Wellpappe/EB-4-5-mm>
- Koch + Schröder GmbH, 2012 [online]: „Klebebänder von 3M: Eine wertvolle Erfindung - Alles begann 1923 in einer Autowerkstatt“. In *Koch + Schröder GmbH* [online]. Koch + Schröder GmbH, 2012 [letzter Zugriff am 17. Juni 2015]. <http://www.kochundschroeder.de/3m/3m-geschichte-erfindung-klebeband.php>
- Kuchling, 2007: Kuchling, Horst. *Taschenbuch Der Physik*. 19. Auflage. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München, Wien, 2007.
- Kunow, J. *et al.*, 1986: Kunow, J. *et al.* *Vorschläge zur systematischen Beschreibung von Keramik - Suggestions for the Systematic Recording of Pottery - Propositions pour une description systématique des céramiques*. Rheinland-Verlag, Köln, 1986. Kunst und Altertum am Rhein. Führer des Rheinischen Landesmuseums Bonn 124.
- Läuchli, 2014: Läuchli, Matthias *et al.* „Packing Systems for Paintings: Damping Capacity in Relation to Transport-Induced Shock and Vibration“. In Bridgland, J. (Hrsg.). *ICOM-CC 17th Triennial Conference Preprints, Melbourne 15-19 September 2014*. International Council of Museums (ICOM), Paris, 2014, Art. 1307, S.1-9.
- Lüscher, 1993: Lüscher, Geneviève. *Unterlunkhofen und die hallstattzeitliche Grabkeramik in der Schweiz*. Verlag Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, Basel, 1993. Antiqua 24.
- Marcon und Strang, 1999: Marcon, Paul und Strang, Thomas J.K.. *PadCAD - Logiciel de conception de calage: Manuel de l'utilisateur*. Ministre, Travaux publics et Services gouvernementaux, Canada, 1999.
- Marcon, 1991: Marcon, Paul J.. „Shock, vibration, and the shipping environment“. In Mecklenburg, Marion F. (Hrsg.). *Art in Transit: Studies in the Transport of Paintings – Conference on the Packing and Transportation of Paintings, 9-11 September 1991, London*. National Gallery of Art, Washington, 1991, S.121-132.

- Marcon, 1992: Marcon, Paul J. „The Packing and Transport of Cultural Property“. In *La Conservation Préventive, Paris, 8, 9 et 10 octobre 1992 : colloque sur la conservation-restauration des biens culturels. 3^e colloque de l'Association des restaurateurs d'art et d'archéologie de formation universitaire*. ARAAFU, Paris, 1992, p. 211-222.
- Marcon, 2014 a [online]: Marcon, Paul. „Agent de détérioration : Forces physiques“. In *Institut canadien de conservation* [online]. Institut canadien de conservation, aktualisiert am 05. Juni 2014 [letzter Zugriff am 17. Juni 2015]. <https://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/agentsofdeterioration-agentsdedeterioration/chap01-fra.aspx>
- Marcon, 2014 b [online]: Marcon, Paul. „Six étapes pour sécuriser les expéditions“. In *Institut canadien de conservation* [online]. Institut canadien de conservation, aktualisiert am 06. Juni 2014 [letzter Zugriff am 17. Juni 2015]. <http://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/carepreventivecons-soinsconspreventive/sixsteps-sixetapes-fra.aspx>
- Material Archiv, 2015 a [online]: „Polyethylen-Schaumstoff“. In *MATERIAL ARCHIV* [online]. Material Archiv, aktualisiert am 10. April 2015 [letzter Zugriff am 28. Mai 2015]. <http://materialarchiv.ch/detail/1130>
- Material Archiv, 2015 b [online]: „Tyvek“. In *MATERIAL ARCHIV* [online]. Material Archiv, aktualisiert am 27. März 2015 [letzter Zugriff am 28. Mai 2015]. <http://materialarchiv.ch/detail/794>
- Material Archiv, 2015 c [online]: „Seidenpapier“. In *MATERIAL ARCHIV* [online]. Material Archiv, aktualisiert am 27. März 2015 [letzter Zugriff am 28. Mai 2015]. <http://materialarchiv.ch/detail/639>
- Material Archiv, 2015 d [online]: „Pergamin“. In *MATERIAL ARCHIV* [online]. Material Archiv, aktualisiert am 27. März 2015 [letzter Zugriff am 28. Mai 2015]. <http://materialarchiv.ch/detail/637>
- Material Archiv, 2015 e [online]: „Expandiertes Polystyrol“. In *MATERIAL ARCHIV* [online]. Material Archiv, aktualisiert am 04. Dezember 2014 [letzter Zugriff am 28. Mai 2015]. <http://materialarchiv.ch/detail/41>
- Material Archiv, 2015 f [online]: „Stegplatten aus PP“. In *MATERIAL ARCHIV* [online]. Material Archiv, aktualisiert am 02. April 2015 [letzter Zugriff am 02. Juli 2015]. <http://materialarchiv.ch/detail/1446>
- Material Archiv, 2015 g [online]: „Baumwolle“. In *MATERIAL ARCHIV* [online]. Material Archiv, aktualisiert am 21. Februar 2015 [letzter Zugriff am 02. Juli 2015]. <http://materialarchiv.ch/detail/561>
- Material Archiv, 2015 h [online]: „Polyether-Schaumstoff“. In *MATERIAL ARCHIV* [online]. Material Archiv, aktualisiert am 10. April 2015 [letzter Zugriff am 02. Juli 2015]. <http://materialarchiv.ch/detail/1121>

- Nagy, 1999: Nagy, Gisela. *Ürschhausen-Horn – Text*. Departement für Erziehung und Kultur des Kantons Thurgau, Frauenfeld, 1999. Archäologie im Thurgau 6.
- Pellizzi, 2012 [online] : Pellizzi, Eleonora. *Etude du vieillissement des mousses de polyuréthane ester et consolidation par les aminoalkylalkoxysilanes* [online]. Doktorarbeit. Universität von Evry Val d'Essonne, 14. Dezember 2012 [letzter Zugriff am 08. Juni 2015]. <http://www.biblio.univ-evry.fr/theses/2012/2012EVRY0034.pdf>
- Piechota, 1986: Piechota, Dennis V. „Packing Anthropological Collections for Transit“. In Barclay, Robert *et al.* (Hrsg.). *Symposium 86: The Care and Preservation of Ethnological Materials - L'entretien et la sauvegarde des matériaux ethnologiques*. Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 1986, p.11-22.
- Préserv'Art, 2007 [online]: „Fiche produit P0127 – Mousse de polyuréthane“. In *Préserv'Art* [online]. Centre de conservation du Québec, aktualisiert am 17. Dezember 2007 [letzter Zugriff am 02. Juli 2015]. <http://preservart.ccq.gouv.qc.ca/rptFicheProduit.aspx?NoProduit=P0127>
- Préserv'Art, 2008 a [online]: „Fiche produit P0281 – Ruban de coton“. In *Préserv'Art* [online]. Centre de conservation du Québec, aktualisiert am 08. Januar 2008 [letzter Zugriff am 02. Juli 2015]. <http://preservart.ccq.gouv.qc.ca/rptFicheProduit.aspx?NoProduit=P0281>
- Préserv'Art, 2008 b [online]: „Fiche produit P0341 – Bubble Wrap®“. In *Préserv'Art* [online]. Centre de conservation du Québec, aktualisiert am 19. August 2008 [letzter Zugriff am 30. Juni 2015]. <http://preservart.ccq.gouv.qc.ca/rptFicheProduit.aspx?NoProduit=P0341>
- Rémillard, 1992: Rémillard, France. „Risques tous azimuts: biens culturels en transit“. In *La Conservation Préventive, Paris, 8, 9 et 10 octobre 1992 : colloque sur la conservation-restauration des biens culturels. 3^e colloque de l'Association des restaurateurs d'art et d'archéologie de formation universitaire*. ARAAFU, Paris, 1992, S.223-229.
- Richard, 1991: Richard, Mervin. „Foam Cushioning Materials: Techniques for their proper Use“. In Mecklenburg, Marion F. (Hrsg.). *Art in Transit: Studies in the Transport of Paintings – Conference on the Packing and Transportation of Paintings, 9-11 September 1991, London*. National Gallery of Art, Washington, 1991, S.269-278.
- Richard, 1997: Richard, Mervin *et al.* *Art in Transit: Handbook for Packing and Transporting Paintings*. 2. Auflage. National Gallery of Art, Washington, 1997.
- Sangmeister, 1993: Sangmeister, Edward (Hrsg.). *Zeitspuren - Archäologisches aus Baden*. 1. Auflage. Kehrer Verlag, Freiburg i. Br., 1993. Archäologische Nachrichten aus Baden 50.
- Sauer, 1927: Sauer, Eberhard. *Leim und Gelatine: Sonderabdruck aus der kolloidchemischen Technologie*. Springer-Verlag, Berlin, 1927.

- Schaaf-Fundneider und Kimmel, 2013: Schaaf-Fundneider, Christina und Kimmel, Tanja. „Die Übersiedlung der Sammlungen des Kunsthistorischen Museums Wien in das neue Zentraldepot: Vorbereitung, Planung und Umsetzung“. *Technologische Studien - Kunsthistorisches Museum*. Sonderband Depot, Band 9/10, 2012/2013, S.28-61.
- Schaer und Rigert, 2008: Schaer, Andreas und Rigert, Erwin. „Zufällig Gefunden: Das Frühbronzezeitliche Grossgefäss von Boswil-Eibolde (AG)“. *Archäologie Schweiz: Mitteilungsblatt von Archäologie Schweiz*, Heft 3, Nr. 31, 2008, S.30-35.
- Schaer und Wälchli, 2005: Schaer, Andreas und Wälchli, David. „Zurzach AG, Uf Raine (Zur.004.2)“. *Jahrbuch Der Schweizerischen Gesellschaft Für Ur- Und Frühgeschichte*, Band 88, 2005, S.369-370.
- Schärer, 2015 [online]: Schärer, Daniel. „Papierlexikon - Säurefrei“. In *Papier Schweiz* [online]. 2015 [letzter Zugriff am 30. Juni 2015]. http://www.papierschweiz.ch/papierherstellung/papierlexikon.html?tx_a21glossaryad
- Schucany *et al.*, 1999: Schucany, Caty *et al.* (Hrsg.). *Römische Keramik in der Schweiz*. Verlag Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, Basel, 1999. Antiqua 31.
- Selwyn, 2004: Selwyn, Lyndsie. *Métaux et corrosion, un manuel pour le professionnel de la conservation*. ICC-CCI (Institut Canadien de conservation – Canadian Conservation Institute), Ottawa, 2004.
- Stanniforth, 2011: Stanniforth, Sarah *et al.* „Chapter 16 : Chemical Agents of Deterioration“. In Caple, Chris (Hrsg.). *Preventive Conservation in Museums*. Routledge, London, 2011, S.225-238. Leicester Readers in Museum Studies.
- Strang und Kigawa, 2013 [online]: Strang, Tom und Kigawa, Rika. „Agent de Détérioration : Ravageurs“. In *Institut canadien de conservation* [online]. Institut canadien de conservation, aktualisiert am 6. September 2013 [letzter Zugriff am 06. Juli 2015]. <http://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/agentsofdeterioration-agentsdedeterioration/chap06-fra.aspx>
- Tétreault, 1992: Tétreault, Jean. „Matériaux de construction, matériaux de destruction“. In *La Conservation Préventive, Paris, 8, 9 et 10 octobre 1992 : colloque sur la conservation-restauration des biens culturels. 3^e colloque de l'Association des restaurateurs d'art et d'archéologie de formation universitaire*. ARAAFU, Paris, 1992, S.163-176.
- U.S. Department of Defense, 1978 [online]: *Military Standardization Handbook - Package Cushioning Design*. MIL-HDBK-304B. U.S. Department of Defense, Washington DC, 1978. In *EverySpec* [online]. EverySpec LLC, 2009-2015 [letzter Zugriff am 13. Juli 2015]. http://everyspec.com/MIL-HDBK/MIL-HDBK-0300-0499/MIL_HDBK_304B_1778/
- Unz, 1982: Unz, Christoph. „Das Spätbronzezeitliche Frauengrab von Binningen BL“. *Archäologie Schweiz*, Heft 4, Nr. 5, 1982, S.194-201.

- Waentig *et al.*, 2014: Waentig, Friederike *et al.* *Präventive Konservierung - Ein Leitfaden*. 1. Auflage. ICOM Deutschland, Berlin, 2014. Beiträge zur Museologie, Band 5.
- Whitten *et al.*, 2014 [online]: Whitten, Jill *et al.* „V. Polymeric Varnishes“. In *AIC - Wiki: A Collaborative Knowledge Resource* [online]. Online-Schaltung im September 1997, aktualisiert am 26. März 2014 [letzter Zugriff am 10. Juni 2015]. http://www.conservation-wiki.com/wiki/V._Polymeric_Varnishes
- Wihr, 1977: Wihr, Rolf. *Restaurieren von Keramik und Glas - Entwicklung, Erhaltung, Nachbildung*. Callwey, München, 1977.
- Williams, 2009: Williams, Donald C. „Some Experiences with Flexible Gap-Filling Adhesives for the Conservation of Wood Objects“. In Phenix, Alan und Chui, Sue Ann (Hrsg.). *Proceedings - Facing the Challenge of Panel Paintings Conservation: Trends, Treatments, and Training*. The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 2009, S.113-124.
- Winsor, 2011: Winsor, Peter. „Chapter 7: Which Conservation Materials to Use at Home? “. In Caple, Chris (Hrsg.). *Preventive Conservation in Museums*. Routledge, London, 2011, S.98-103. Leicester Readers in Museum Studies.
- Wyss, 2005: Wyss, Stephan. *Vindonissa - Die Ausgrabung Cardinal V.89.3: Ein Beitrag zur zivilen Siedlungsgeschichte*. Lizentiatsarbeit, Institut für Ur- und Frühgeschichte und Archäologie der römischen Provinzen, Universität Bern, 12. Dezember 2005, *nicht publiziert*.
- Yam, 2009: Yam, Kit L. (Hrsg.). *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology*. 3. Auflage. John Wiley & Sons, Inc., 2009.

Abbildungsverzeichnis

© Falls nicht weiter vermerkt, sind alle Abbildungen Eigentum von HECR Arc, G. Liengme.

Abb. 1 Gesamtansicht des Gefässunterteils Bsw.007.2/9.1	8
Abb. 2 Rekonstruktion des Vorratsgefässes mit den gekreuzten Fingertupfenleisten oberhalb der Schulter (©Schaer und Rigert, 2008)	9
Abb. 3 Kartierung der Restaurierungen und Schäden	9
Abb. 4 Stützstruktur des Gefässes Bsw.007.2/9.1	10
Abb. 5 Seitenansicht des Gefässes Fic.013.2/2063.1	10
Abb. 6 Lokalisierung des losen Fragments (rechts)	11
Abb. 7 Seitenansicht des Gefässunterteils Lau.013.1/102.1	12
Abb. 8 Zustandsbeschreibung des Gefässes Lau.013.1/102.1	13
Abb. 9 Seitenansicht des Gefässes Lunkhofen 934.a.	13
Abb. 10 Kartierung des Erhaltungszustands (links: Lunkhofen 934.a. / rechts: Ober-Endingen 2382)	14

Abb. 11 Seitenansicht des Gefässes Ober-Endingen 2382	15
Abb. 12 Oberflächliche Risse des Klebstoffs der Textilfestigung auf der Innenseite des Gefässes. Rechts oben sieht man das gelbliche Textil (Massstab: 10 cm)	16
Abb. 13 Seitenansicht des Doliums V.89.3/46.366	17
Abb. 14 Kartierung des Erhaltungszustandes des Doliums V.89.3/46.366	18
Abb. 15 Seitenansicht des Gefässes Zur.004.2/218.1	18
Abb. 16 Kartierung des Erhaltungszustands des Vorratsgefässes Zur.004.2/218.1	19
Abb. 17 Polsterungskurve für Polyether-Polyurethan-Schaumstoff mit einer Dichte von ca. 24 kg/m ³ und einer Fallhöhe von 60 cm (©U.S. Department of Defense, 1978, S.218.)	23
Abb. 18 Verladebühne mit Absatz zwischen der Rampe und der Hebeplattform	24
Abb. 19 Ausladen mit dem elektrischen Hubwagen vor dem Zeughaus	25
Abb. 20 Struktur eines doppelagigen Wellkartons © Klug-Conservation	28
Abb. 21 Struktur des Wabenkartons von Klug-Conservation	29
Abb. 22 Holzgestell des Kunsthistorischen Museums Wien (hier ohne Sicherung im oberen Bereich) © Schaaf-Fundneider und Kimmel, 2013, S.43.	30
Abb. 23 Styropor®-Platten, welche das Gefäss Lunkhofen 934.a. nur minim stützen	32
Abb. 24 Belastungstest mit der Probeverpackung (mit Testobjekt). Die Kartonunterseite ist ohne Belastung auf einer Höhe von 60 mm (rote Linie).	34
Abb. 25 Konzept der Lagerungsverpackung bestehend aus einer Schauchtel (1) und einer Stützstruktur aus einer Wabenplatte (2) und Ethafoam®(3)	34
Abb. 26 Innere Kiste mit Schieber (© Illes, 2004, S.27.)	38
Abb. 27 Lagerungsverpackung, welche als innere Kiste für den Transport verwendet wird. Hier für das Testobjekt (1: Testobjekt; 2: Ethafoam®-Stützstruktur; 3: Wabenplatte; 4: Schachtel aus Wabenkarton)	40
Abb. 28 Schematische Darstellung der Transportverpackung, der rote Pfeil zeigt die Position des variierenden Schaumstoffs	41
Abb. 29 Schnellverpackung bestehend aus dem Bügel (1) und der Stützstruktur (2).	42
Abb. 30 Ausschnitt, der das Muster der Fahrt zeigt, aus dem Graph des Referenztests (Anhang 11, S.82, Graph 1)	44
Abb. 31 Geklebte Randfragmente des Gefässes Bsw.007.2/9.1	61
Abb. 32 Abgelöste Ergänzung des Gefässes Bsw.007.2/9.1	61
Abb. 33 Gesamtansicht des Gefässes Fic.013.2/2063.1	61
Abb. 34 Gesamtansicht des Gefässes Lau.013.1/102.1	61
Abb. 35 Beschriftung des Gefässes Lunkhofen 934.a.	62
Abb. 36 Detail der Innenseite des Gefässes Lunkhofen 934.a. mit einer gerissenen Ergänzung (roter Pfeil)	62
Abb. 37 Innenseite des Gefässes Ober-Endingen 2382	62

Abb. 38 Vorderansicht des Gefässes V.89.3/46.366	62
Abb. 39 Gipsabsplitterung bei dem Bruch der Ergänzung des Gefässes V.89.3/46.366	63
Abb. 40 Bruch einer Ergänzung des Gefässes V.89.3/46.366	63
Abb. 41 Gesamtansicht des Gefässes Zur.004.2/218.1	63
Abb. 42 Bruch einer Ergänzung des Gefässes Zur.004.2/218.1	63
Abb. 43 Handhubwagen im Depot der Kantonsarchäologie	64
Abb. 44 Zukünftiges Depot der Gefässe	64
Abb. 45 Platzierung des Stossmessgerätes in der Schachtel	64
Abb. 46 Befestigung des Messgerätes mit Schaumstoff und Schrauben	64
Abb. 47 Transportverpackung der inneren Kiste mit PU-Polsterung. Im Vordergrund sieht man die Zwischenwand aus Wellpappe (Massstab 20 cm)	65
Abb. 48 Erster Testdurchlauf mit der Schnellverpackung	65
Abb. 49 Zweiter verbesserter Testdurchlauf mit der Schnellverpackung	65
Abb. 50 Lokalisierung der abgelösten Ergänzung des Gefässes Fic.013.2/2063.1	66
Abb. 51 Zustandserfassung der beiden altrestaurierten Gefässen (links: Ober-Endingen 2382; rechts: Lunkhofen 934.a.)	66
Abb. 52 Zustandserfassung des Gefässes Ober-Endingen 2382	66
Abb. 53 Bruchlinien der Ergänzungen des Gefässes V.89.3/46.366	66
Abb. 54 Bruchlinien der Ergänzungen des Gefässes V.89.3/46.366	67
Abb. 55 Bruchlinien der Ergänzungen des Gefässes V.89.3/46.366	67
Abb. 56 Polsterungskurve für Polyether-PU-Schaumstoff mit einer Dichte von 24 kg/m ³ , einer Fallhöhe von 60 cm und einer Dicke von 5 cm (ergänzt, Original aus © U.S. Department of Defense, 1978 [online], S.218.)	71
Abb. 57 Polsterungskurve für Polyether-PU-Schaumstoff mit einer Dichte von 24 kg/m ³ , einer Fallhöhe von 60 cm und einer Dicke von 10 cm (ergänzt, Original aus © U.S. Department of Defense, 1978 [online], S.218.)	72
Abb. 58 Schematische Darstellung des Gefässes Bsw.007.2/9.1 und seiner geplanten Stützstruktur aus Ethafoam® (weiss) und Wabenkarton (grau), Masse in cm.	76
Abb. 59 Schematische Darstellung des Gefässes Fic.013.2/2063.1 und seiner geplanten Stützstruktur aus Ethafoam® (weiss) und Wabenkarton (grau), Masse in cm.	76
Abb. 60 Schematische Darstellung des Gefässes Lau.013.1/102.1 und seiner geplanten Stützstruktur aus Ethafoam® (weiss) und Wabenkarton (grau), Masse in cm.	76
Abb. 61 Schematische Darstellung des Gefässes Lunkhofen 934.a. und seiner geplanten Stützstruktur aus Ethafoam® (weiss) und Wabenkarton (grau), Masse in cm.	77
Abb. 62 Schematische Darstellung des Gefässes Ober-Endingen 2382 und seiner geplanten Stützstruktur aus Ethafoam® (weiss) und Wabenkarton (grau), Masse in cm.	77

Abb. 63 Schematische Darstellung des Gefässes V.89.3/46.366 und seiner geplanten Stützstruktur aus Ethafoam® (weiss) und Wabenkarton (grau), Masse in cm. _____	77
Abb. 64 Schematische Darstellung des Gefässes Zur.004.2/218.1 und seiner geplanten Stützstruktur aus Ethafoam® (weiss) und Wabenkarton (grau), Masse in cm. _____	78
Abb. 65 Plan der Schachtel, welche für die Testreihe angefertigt wurde. Sie musste wegen ihrer Grösse in zwei Teilen hergestellt werden. Die Masse sind in cm angegeben. _____	79
Abb. 66 Allgemeiner Plan für die Anfertigung der weiteren Schachteln. Die Innenmasse entsprechen den Dimensionen der Stützstruktur mitsamt Objekt. _____	80

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Zusammenfassung der Testdurchläufe _____	43
Tabelle 2 Maximale Peak-Werte der sechs Transporttests nach Ausrichtung. Die Farben der Ausrichtungen entsprechen den Farben auf den Graphen. (Max. Peak: gelb = höchste Werte / hellgrün = tiefste Werte) _____	44
Tabelle 3 Testergebnisse des Falltests (grün: < 25 g / gelb: > 25 g / rot: > 40 g) _____	46
Tabelle 4 Diese Tabelle präsentiert die Fragilitätskategorien, welche von der Industrie übernommen und von P. Marcon an Museumsobjekte angepasst wurde (©Marcon, 2014 a [online], Tableau 5.) _____	68
Tabelle 5 Diese Tabelle präsentiert die wahrscheinlichen Fallhöhen in Bezug auf die Handhabungsart (<i>Handling Method</i>) und das Gesamtgewicht der Verpackung (<i>Package Weight Range</i>) gemäss P. Marcon (©Marcon, 1992, S.212.) _____	69
Tabelle 6 Diese Tabelle präsentiert eine andere Einteilung der wahrscheinlichen Fallhöhen nach Gesamtgewicht der Verpackung (<i>Poids du colis</i>) und maximaler Grösse (<i>Dimension maximale</i>) gemäss R.K. Brandenburg (©Marcon, 2014 a [online], Tableau 2.) _____	69
Tabelle 7 Berechnungen der Grösse der Schaumstoffpads bei optimaler statischer Belastung für jedes Gefäss _____	72
Tabelle 8 Liste der Institutionen, welche bei der Umfrage zu den Verpackungsmaterialien und -methoden teilgenommen haben _____	73

Graphenverzeichnis

Graph 1 Test 0: Referenzwerte ohne Polsterung _____	82
Graph 2 Test 1: Polsterung mit einem flächendeckenden 10 cm dicken Polyether-PU-Schaumstoff _	82
Graph 3 Test 2: Polsterung mit einem flächendeckenden 5 cm dicken Polyether-PU-Schaumstoff _	83
Graph 4 Test 3: Polsterung mit zwei 10 cm dicken Pads aus Polyether-PU-Schaumstoff _____	83
Graph 5 Test 4: Polsterung mit zwei 5 cm dicken Pads aus Polyether-PU-Schaumstoff _____	84
Graph 6 Test 2: Polsterung mit einem flächendeckenden 10 cm dicken PE-Schaumstoff (Ethafaom®) _____	84

Graph 7 Test 6: „Schnellverpackung“ mit Stretchfolie und einem flächendeckenden 10 cm dicken
Polyether-PU-Schaumstoff _____ 85

Graph 8 Test 7: „Schnellverpackung“ mit Stretchfolie und einem flächendeckenden 10 cm dicken
Polyether-PU-Schaumstoff und Seitenpolsterung _____ 85

Abkürzungsverzeichnis

PE Polyethylen

PS Polystyrol

PP Polypropylen

PU Polyurethan

Anhang 1: Fotos



Abb. 31 Geklebte Randfragmente des Gefässes Bsw.007.2/9.1



Abb. 32 Abgelöste Ergänzung des Gefässes Bsw.007.2/9.1



Abb. 33 Gesamtansicht des Gefässes Fic.013.2/2063.1



Abb. 34 Gesamtansicht des Gefässes Lau.013.1/102.1

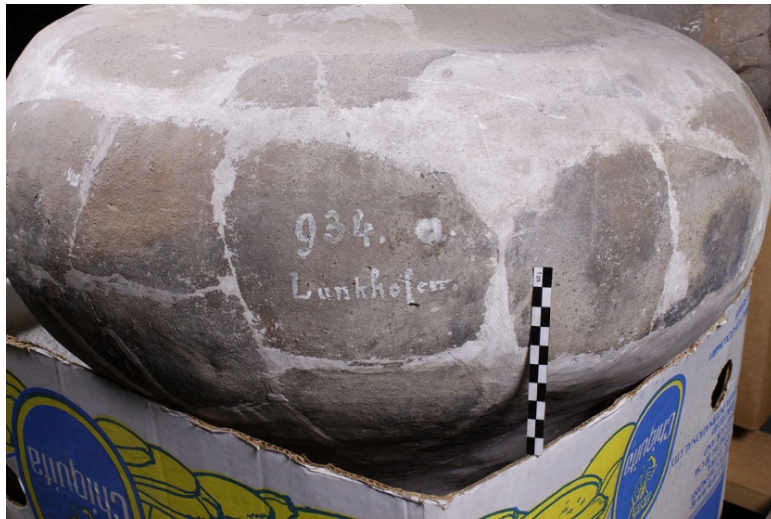


Abb. 35 Beschriftung des Gefässes Lunkhofen 934.a.

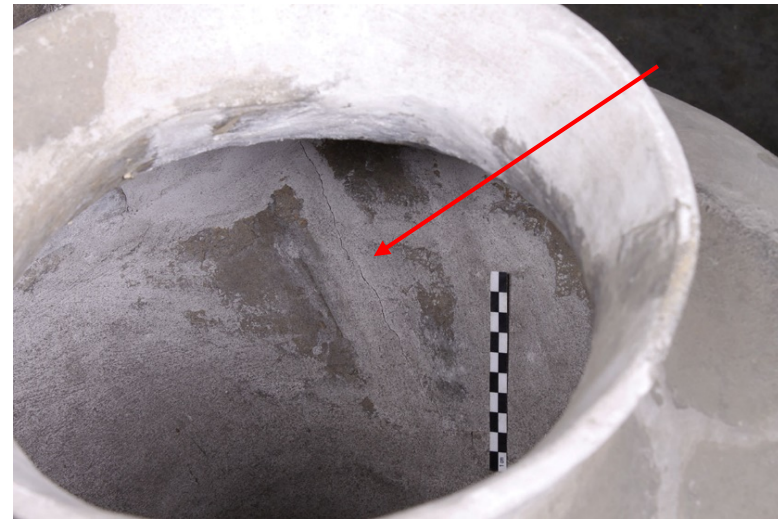


Abb. 36 Detail der Innenseite des Gefässes Lunkhofen 934.a. mit einer gerissenen Ergänzung (roter Pfeil)



Abb. 37 Innenseite des Gefässes Ober-Endingen 2382



Abb. 38 Vorderansicht des Gefässes V.89.3/46.366



Abb. 39 Gipsabsplitterung bei dem Bruch der Ergänzung des Gefässes V.89.3/46.366



Abb. 40 Bruch einer Ergänzung des Gefässes V.89.3/46.366



Abb. 41 Gesamtansicht des Gefässes Zur.004.2/218.1

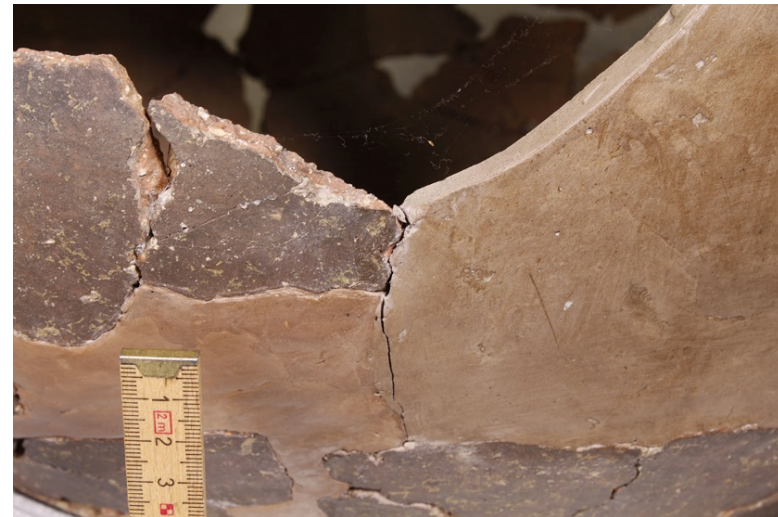


Abb. 42 Bruch einer Ergänzung des Gefässes Zur.004.2/218.1



Abb. 43 Handhubwagen im Depot der Kantonsarchäologie



Abb. 44 Zukünftiges Depot der Gefässe

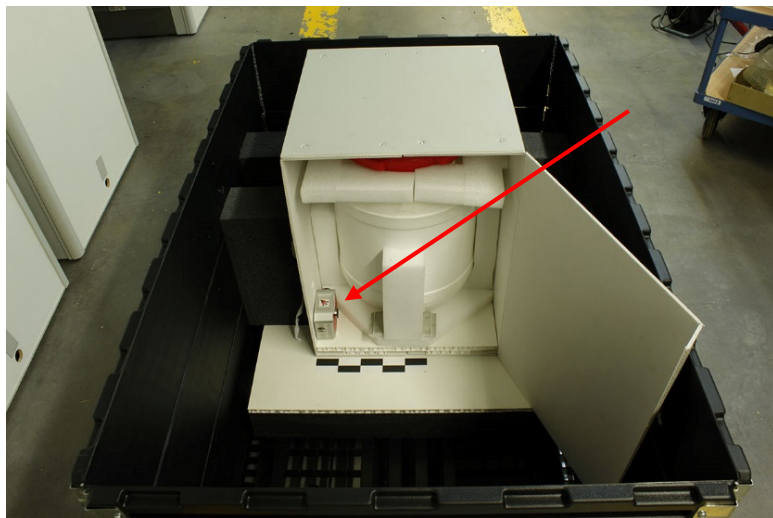


Abb. 45 Platzierung des Stossmessgerätes in der Schachtel

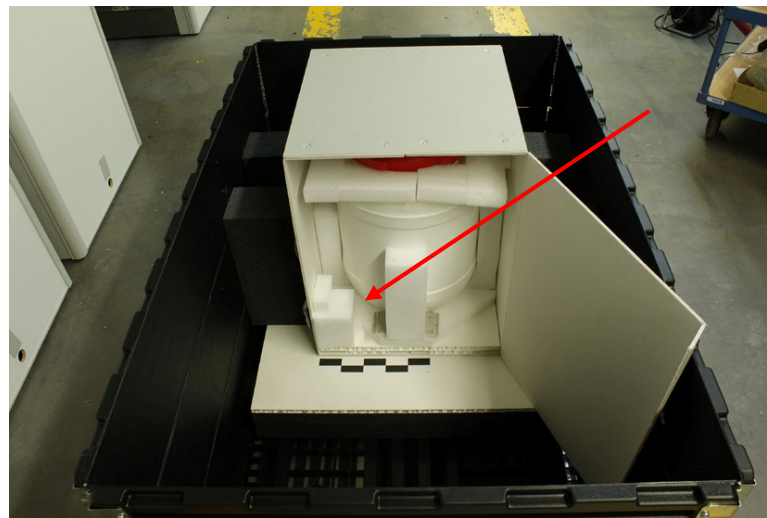


Abb. 46 Befestigung des Messgerätes mit Schaumstoff und Schrauben

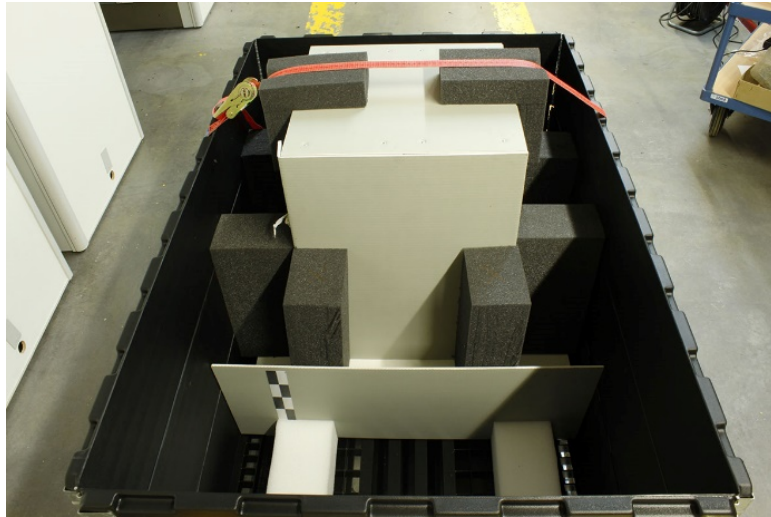


Abb. 47 Transportverpackung der inneren Kiste mit PU-Polsterung. Im Vordergrund sieht man die Zwischenwand aus Wellpappe (Massstab 20 cm)



Abb. 48 Erster Testdurchlauf mit der Schnellverpackung



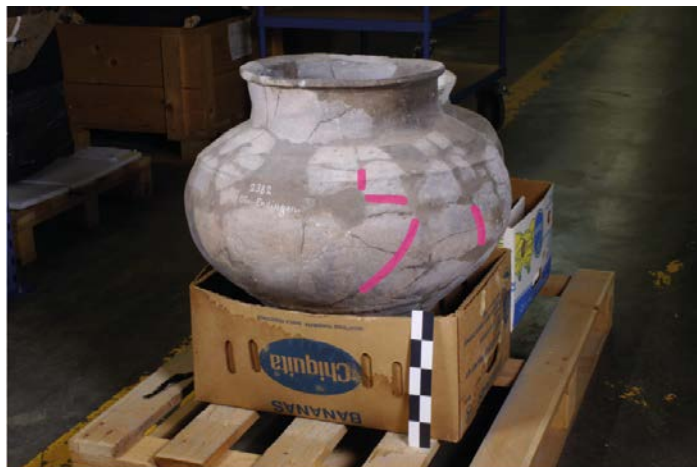
Abb. 49 Zweiter verbesserter Testdurchlauf mit der Schnellverpackung

Anhang 2: Schemen des Zustandsberichts



■ Abgelöste Ergänzung ■ 1 cm

Abb. 50 Lokalisierung der abgelösten Ergänzung des Gefässes Fic.013.2/2063.1



■ Oberflächliche Risse ■ 5 cm

Abb. 52 Zustandserfassung des Gefässes Ober-Endingen 2382



■ Gebrochene Ergänzung ■ Oberflächliche Risse ■ 5 cm

Abb. 51 Zustandserfassung der beiden altrestaurierten Gefässen (links: Ober-Endingen 2382; rechts: Lunkhofen 934.a.)



■ Gebrochene Ergänzungen ■ 5 cm

Abb. 53 Bruchlinien der Ergänzungen des Gefässes V.89.3/46.366



■ Gebrochene Ergänzungen ■ 5 cm

Abb. 54 Bruchlinien der Ergänzungen des Gefässes V.89.3/46.366



■ Gebrochene Ergänzungen ■ 1 cm

Abb. 55 Bruchlinien der Ergänzungen des Gefässes V.89.3/46.366

Anhang 3: Referenztablette für die Objektfragilität

Tabelle 4 Diese Tabelle präsentiert die Fragilitätskategorien, welche von der Industrie übernommen und von P. Marcon an Museumsobjekte angepasst wurde (©Marcon, 2014 a [online], Tableau 5.)

Description de la catégorie	Exemples de produit commercial	Exemples d'objets de musée	Plage de fragilité g
Extrêmement fragiles	Systèmes de guidage de missiles, instruments d'essai à réglage précis	Sculpture en plâtre; 120 kg, modèle d'essai en plâtre creux endommagé à 20 g. La fragilité de sculptures dans d'autres scénarios peut être plus élevée	15 à 25
Très délicats	Équipement électronique et instruments montés sur une suspension	Argile non cuite (pièces crues) et verrerie fragile	25 à 40
Délicats	Accessoires d'avions, machines à écrire électriques, caisses enregistreuses et équipement du bureau électrique	Argile non cuite, argile cuite à feu doux, plâtre, stuc, verrerie, céramique	40 à 60
Moyennement délicats	Récepteurs de télévision, accessoires d'avions	La peinture très fragile, endommagée et écaillée sur une toile de 60 × 60 cm est délogée par un impact sur un coin ou un côté	60 à 85
Moyennement robustes	Équipement de buanderie, réfrigérateurs, électroménagers	Peinture sur toile de 60 × 80 cm sans fissures et cassante avec gesso cassant (faible contenu en colle) qui se fissure après une chute sur un coin	85 à 115
Robustes	Machinerie	Peinture sur toile de 60 × 80 cm (renversée, chute sur le côté avec carton protecteur au dos). De petites écailles de peinture adhérant partiellement à la toile ne se décollent pas; choc toléré par des collections d'insectes épinglés en petites boîtes	115 et plus

Anhang 4: Referenztabellen für wahrscheinliche Fallhöhen

Tabelle 5 Diese Tabelle präsentiert die wahrscheinlichen Fallhöhen in Bezug auf die Handhabungsart (*Handling Method*) und das Gesamtgewicht der Verpackung (*Package Weight Range*) gemäss P. Marcon (©Marcon, 1992, S.212.)

Package Weight Range	Handling Method	Drop Height
0 – 5 kg	1 person throwing	120 cm
5 – 10 kg	1 person throwing	105 cm
10 – 20 kg	1 person carrying	90 cm
20 – 45 kg	1 person carrying	75 cm
45 – 115 kg	2 people carryng	60 cm
115+ kg	Equipment handling	45 cm

Tabelle 6 Diese Tabelle präsentiert eine andere Einteilung der wahrscheinlichen Fallhöhen nach Gesamtgewicht der Verpackung (*Poids du colis*) und maximaler Grösse (*Dimension maximale*) gemäss R.K. Brandenburg (©Marcon, 2014 a [online], Tableau 2.)

Poids du colis (kg)	Dimension maximale (cm)	Hauteur probable de chute (cm)
10	120	100
10 à 20	90	90
20 à 45	120	60
45 à 70	150	50
70 à 90	150	45
90 à 270	180	60
270 à 1360	Illimitée	45
1 360 et plus	Illimitée	30

Anhang 5: Berechnung der optimalen statischen Belastung anhand von Polsterungskurven

Die meisten Publikationen beziehen die Informationen zu den Polsterungskurven aus dem *Military Standardization Handbook – Cushion Design* des U.S. Department of Defense¹⁰⁹. Für die Berechnung der optimalen statischen Belastung wurde auch in dieser Arbeit eine Polsterungskurve aus dieser Referenz sowie die Anleitung von Mervin Richard¹¹⁰ benutzt.

Als erstes muss die Fragilität des Objekts definiert werden. Für Keramikobjekte liegt diese gemäss Paul Marcon zwischen 40 und 60 *g*¹¹¹. Da die betroffenen Objekte entweder geklebt oder gefestigt und meist unvollständig sind, wird für die Berechnung der untere Wert (40 *g*) benutzt. Danach muss das Polstermaterial definiert werden – in diesem Fall Polyether-PU-Schaumstoff mit einer Dichte von ca. 25 kg/m³.

Anschliessend wird anhand des Gesamtgewichts der inneren Verpackung einschliesslich des Objekts die wahrscheinliche Fallhöhe bestimmt. Hier wurde nach der Tabelle von Paul Marcon in *La conservation préventive* (vgl. Anhang 4, S.69) eine wahrscheinliche Fallhöhe von 60 cm festgelegt. Das Gesamtgewicht der verpackten Objekte wird zwar um die 20 kg wiegen – was eine Fallhöhe von 75 – 90 cm voraussetzen würde. Da die äussere Verpackung jedoch aus einer Palette besteht, und diese nur zu zweit getragen werden kann, wurde beschlossen die Berechnungen nicht auf das Gewicht, sondern auf die Handhabungsmethode zu stützen und daher wurde mit einer Fallhöhe von 60 cm gerechnet.

Danach wurde die Polsterungskurve entsprechend den ausgewählten Kriterien – Polyether-PU-Schaumstoff mit einer Dichte von 25 kg/m³ und wahrscheinliche Fallhöhe von 60 cm – im *Military Standardization Handbook – Cushion Design* des U.S. Department of Defense¹¹² nachgeschlagen.

Auf der Polsterungskurve wird die Fragilität als obere Grenze der *Peak acceleration* eingezeichnet (hier: 40 *g*) und dann werden die Schnittpunkte mit der betroffenen Kurve, welche der Dicke des gewählten Schaumstoffs entspricht, eingezeichnet. Diese Schnittpunkte zeigen uns die obere und untere Grenze der statischen Belastung, d.h. in welchem Bereich die Verwendung des Schaumstoffs geeignet ist. Die optimale statische Belastung befindet sich am niedrigsten Punkt der Kurve – für 5 cm dicken Schaumstoff ca. 0,004 kg/cm² und für 10 cm ca. 0,0065 kg/cm² (Abb. 37 und 38).

Mit diesen Werten kann anschliessend die optimale statische Belastung berechnet werden. Dazu wird das Gesamtgewicht der inneren Verpackung durch die optimale statische Belastung geteilt und man erhält die Oberfläche:
$$\text{Oberfläche} = \frac{\text{Masse}}{\text{optimale statische Belastung}}$$
 Das Gesamtgewicht der Verpackung,

¹⁰⁹ U.S. Department of Defense, 1978 [online].

¹¹⁰ Richard, 1991, S.271-274.

¹¹¹ Marcon, 2014 a [online], Tableau 5.

¹¹² U.S. Department of Defense, 1978 [online], S.218.

welche für den Test hergestellt wurde, wiegt mit dem Testobjekt 13,7 kg. Für diese Verpackung erhält man:

- Für eine Schaumstoffdicke von 5 cm:

$$\text{Oberfläche} = \frac{\text{Masse}}{\text{optimale statische Belastung}} = \frac{13,7 \text{ kg}}{0,004 \text{ kg/cm}^2} = 3430 \text{ cm}^2$$

- Für eine Schaumstoffdicke von 10 cm:

$$\text{Oberfläche} = \frac{\text{Masse}}{\text{optimale statische Belastung}} = \frac{13,7 \text{ kg}}{0,0065 \text{ kg/cm}^2} = 2111 \text{ cm}^2$$

Will man zwei Pads herstellen, welche die Länge des Wabenkartons der inneren Verpackung haben, d.h. 70 cm, so werden diese für den 5 cm dicken Schaumstoff 24,5 cm und für den 10 cm dicken 15,1 cm breit. In der nachfolgenden Tabelle 7 werden die Werte, welche für die Keramikgefässe berechnet wurden präsentiert. Es wurde für alle (ausser bei Bsw.007.2/9.1) dieselbe Kartonlänge genommen, sodass die Wabenplatte für alle Gefässe wiederverwendbar ist.

Wird die Transportverpackung ausschliesslich für ein Objekt hergestellt, wird die Polsteroberfläche wie erklärt berechnet. Möchte man jedoch mehrere Objekte nacheinander mit derselben Polsterungsvorrichtung transportieren, wird anhand eines Objektes die Schaumstoffoberfläche berechnet. Anschliessend kann für jedes weitere Objekt die statische Belastung in Bezug auf diese Oberfläche bestimmt werden. Falls sich diese Werte zwischen den beiden vertikalen Linien befinden, ist die Polsterung auch für diese Objekte geeignet. Fallen die Werte höher oder tiefer aus, wird eine Stossdämpfung im gewünschten Bereich nicht erfüllt.

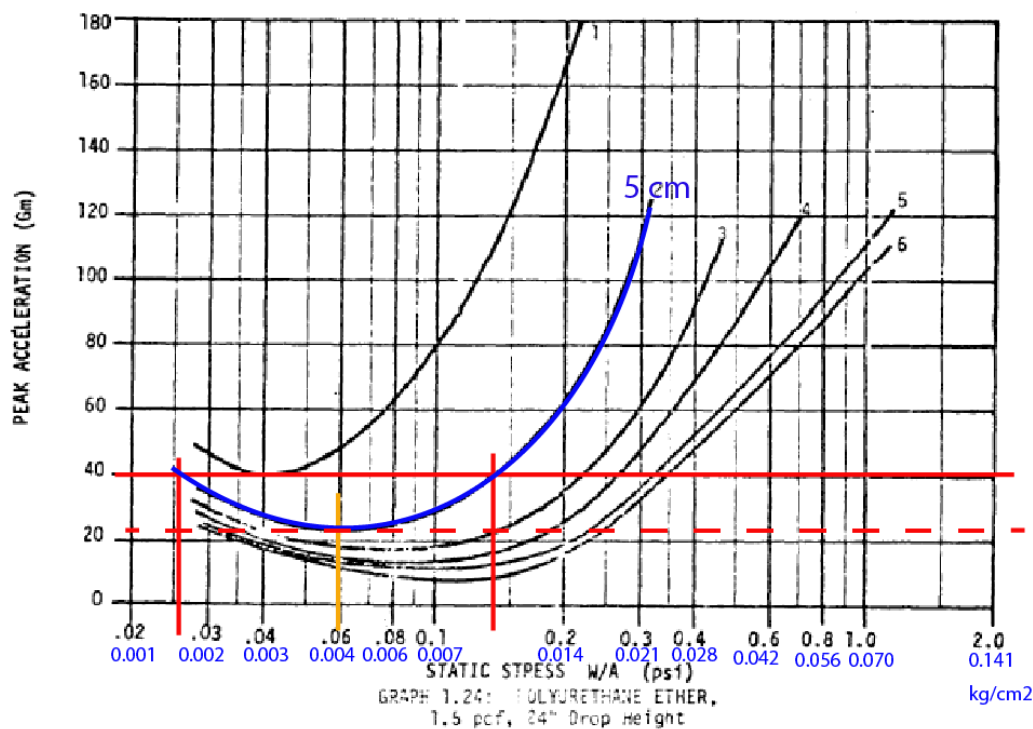


Abb. 56 Polsterungskurve für Polyether-PU-Schaumstoff mit einer Dichte von 24 kg/m³, einer Fallhöhe von 60 cm und einer Dicke von 5 cm (ergänzt, Original aus © U.S. Department of Defense, 1978 [online], S.218.)

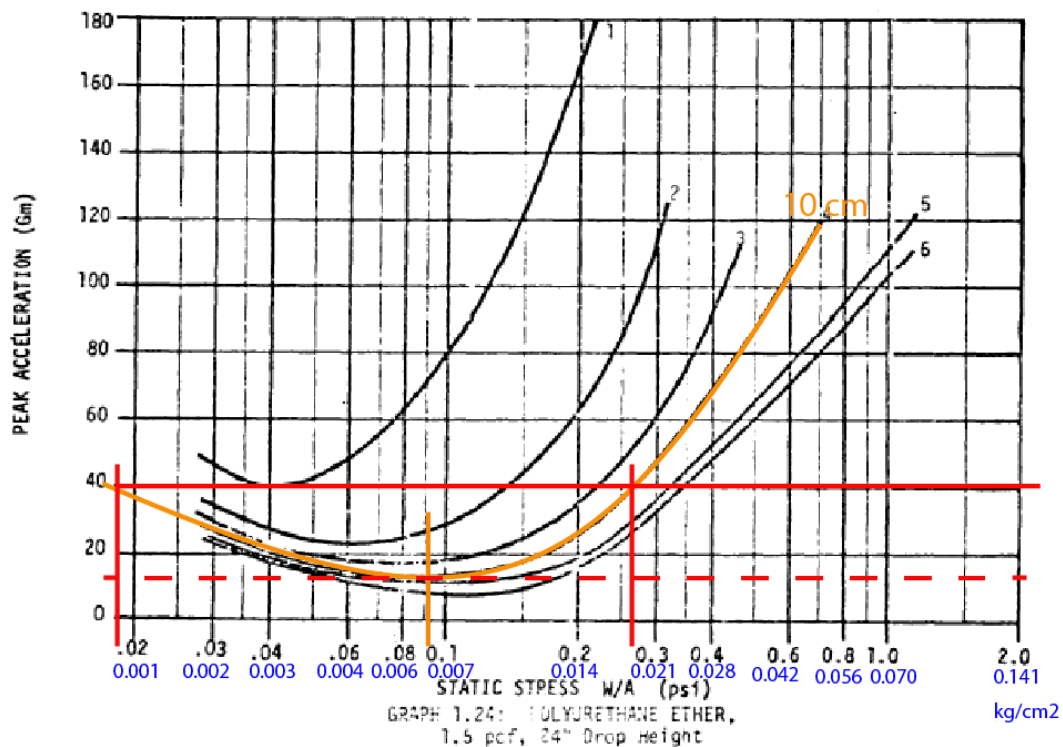


Abb. 57 Polsterungskurve für Polyether-PU-Schaumstoff mit einer Dichte von 24 kg/m³, einer Fallhöhe von 60 cm und einer Dicke von 10 cm (ergänzt, Original aus © U.S. Department of Defense, 1978 [online], S.218.)

Tabelle 7 Berechnungen der Grösse der Schaumstoffpads bei optimaler statischer Belastung für jedes Gefäss

Objekt	Höhe (cm)	Durchmesser (cm) Max.	Bodendurchmesser (cm)	Kartonlänge (cm)	Gewicht (geschätzt) kg	Verpackungs Gewicht geschätzt (kg)	Optimale Polster-oberfläche 5 cm (cm ²)	Pad-Breite bei Länge wie Karton und zwei Pads (cm)	Minimum-Pad-Breite (cm)	Maximum-Pad-Breite (cm)	Optimale Polster-oberfläche 10 cm (cm ²)	Pad-Breite bei Länge wie Karton und zwei Pads (cm)	Minimum-Pad-Breite (cm)	Maximum-Pad-Breite (cm)
Bsw.007.2/9.1	50	87	30	100	17	20,9	5228	26,1	11,6	69,7	3217	16,1	6,2	104,6
Fic.013.2/2063.1	41,5	46	19,5	70	7,8	9,4	2358	16,8	7,5	44,9	1451	10,4	4,0	67,4
Lau.013.1/102.1	50	63	20,7	70	9,4	11,4	2860	20,4	9,1	54,5	1760	12,6	4,8	81,7
Lunkhofen 934. a.	48	48	17,5	70	13,5	15,2	3812	27,2	12,1	72,6	2346	16,8	6,4	108,9
Ober-Endingen 2382	54	60	21,3	70	17,1	19,1	4784	34,2	15,2	91,1	2944	21,0	8,0	136,7
V.89.3/46.366	75	60	23	70	20	22,3	5578	39,8	17,7	106,3	3433	24,5	9,4	159,4
Zur.004.2/218.1	48	53	17	70	9,5	11,3	2833	20,2	9,0	54,0	1743	12,5	4,8	80,9

Anhang 6: Liste der befragten Institutionen

Tabelle 8 Liste der Institutionen, welche bei der Umfrage zu den Verpackungsmaterialien und -methoden teilgenommen haben

Transportunternehmen	Kontaktperson	Materialien Transport	
Gabriel Transport AG	Guido Schacher	Holzkisten, Schaumstoff, Füllmaterial, Luftpolster	
Henri Harsch HH AG	Roger Graf	Keine Angabe	
Kuoni Transport & Umzüge AG	Marjano Carigiet	Keine Angabe	
Weber-Vonesch Transport AG	Sibylle Weber	Luftpolsterfolie, Seidenpapier, Pergamin, Holzkisten	
Welti-Furrer Fine Art AG, Zürich	Thomas Holzer	Holzkisten, PE-Schaumstoff, Tyvek®, Kissen aus Tyvek® mit Füllung aus Styropor®-Kügelchen, PU-Verbundschaumstoff, Stretchfolie, Styropor®-Platten	
Kulturinstitutionen	Kontaktperson	Materialien Transport	Lagerung
Archäologischer Dienst des Kantons Bern	Frédérique Tissier	PE-Schaumstoff, Luftpolsterfolie	Rako®-Kisten, Holz-/MDF-Kisten, PE-/PS-Schaumstoff
Kantonsarchäologie Aargau		Paletten, PE-Schaumstoff	Holz-/Kunststoffpaletten mit/ ohne Aufsetzrahmen und Deckel, PE-Folie, Ethafoam®, Plastazote®, Holz, Rako®-Kisten
Kunsthistorisches Museum Wien	Irene Engelhardt	Holzkisten, Paletten mit/ ohne Aufsetzrahmen, Textilgurte, Kissen aus Polyestergewebe mit Füllung aus Styropor®-Kügelchen, Füllmaterial, Seidenpapier	Paletten mit Ausatzrahmen, Holzgestelle mit Polsterung
Sammlungszentrum des Schweizerischen Nationalmuseums, Affoltern-am-Albis	David Pazmino	Holzkisten, Rako®-Kisten (für Kurzstrecken), Ethafoam®, Seidenpapier, Tyvek®, PU-Schaumstoff	Holzpaletten mit Aufsetzrahmen, Ethafoam®, Seidenpapier, Rako®-Kisten
Site et Musée Romain d'Avenches (SMRA)	Myriam Krieg	Paletten mit Aufsetzrahmen, Luftpolsterfolie, Schaumstoffkeile	Metall, Schaumstoff

Anhang 7: Lieferantenverzeichnis

Aluminium-Blindnieten	Connex® Durchmesser: 3 mm Länge: 10 mm	Landi Wasserschloss Hornblick 3 5412 Gebensdorf
Aufsetzrahmen	Palettenaufsetzrahmen aus ABS-Kunststoff	Kaiser + Kraft AG Industriegebiet Sumpf/Turm Erlenweg 8 6300 Zug www.kaiserkraft.ch
Baumwollband	100 % Baumwolle 10 mm x 4 m	Migros-Supermarkt Brugg-Neumarkt Neumarkt 1 5200 Brugg AG
Ethafoam®	PE-35 weiss Dichte: 35 kg/m³	Digipack AG Binzackerstrasse 37 CH-8623 Wetzikon www.digipack.ch
Paletten	Kunststoffpaletten aus Recycling-Polyethylen	Kaiser + Kraft AG
Polyether-Polyurethanschaumstoff	HL-25 anthrazit Dichte: 25 kg/m³	Digipack AG
Schrauben	SK-Spanplattenschrauben bestaPAC Verzinkter Stahl 4,5 x 40 mm T25 Universalschraube Flachkopf Verzinkter Stahl 3,5 x 30 mm T15	Landi Do IT + Garden Migros Pfädackerstrasse 6 8957 Spreitenbach

Stretchfolie	Handstretcher Breite: 100 mm Foliendicke: 23 µm	Plastic-Haus AG Fabrikmattenweg 15 4144 Arlesheim www.plastic-haus.ch
Wabenkarton (säurefrei)	Wabe 071 - naturweiss Dicke: 13 mm	Oekopack Conservus AG Lattigen 3700 Spiez www.oecag.ch
Wellkarton (säurefrei)	Wellpappe – EB 4.5 mm Dicke: 4,5 mm	Oekopack Conservus AG

Anhang 8: Schemen der Lagerungsverpackungen

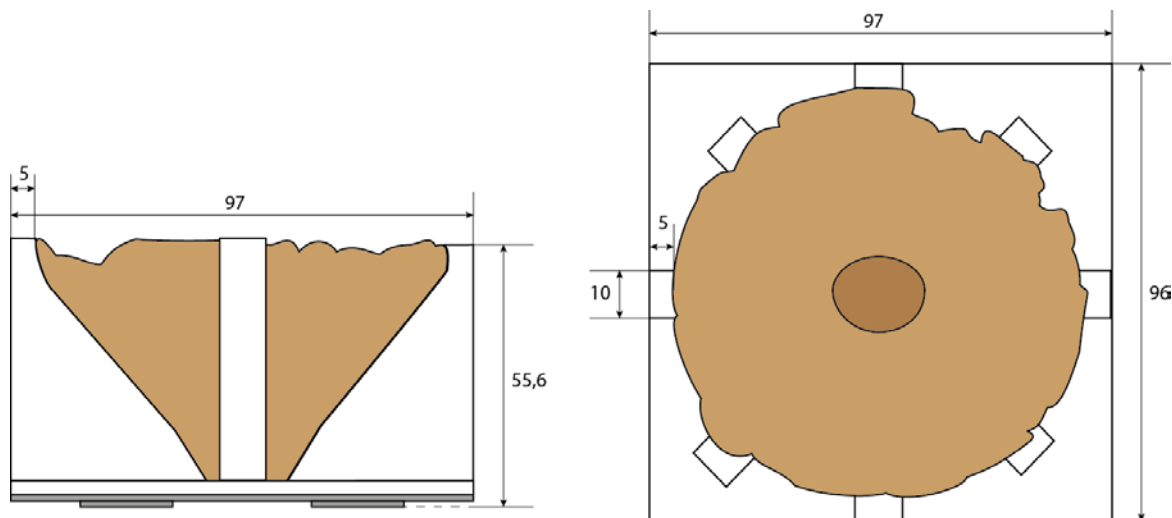


Abb. 58 Schematische Darstellung des Gefässes Bsw.007.2/9.1 und seiner geplanten Stützstruktur aus Ethafoam® (weiss) und Wabenkarton (grau), Masse in cm.

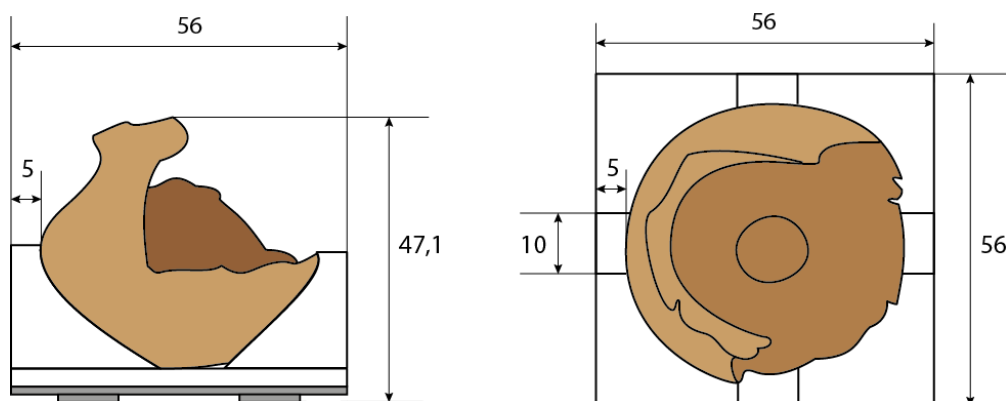


Abb. 59 Schematische Darstellung des Gefässes Fic.013.2/2063.1 und seiner geplanten Stützstruktur aus Ethafoam® (weiss) und Wabenkarton (grau), Masse in cm.

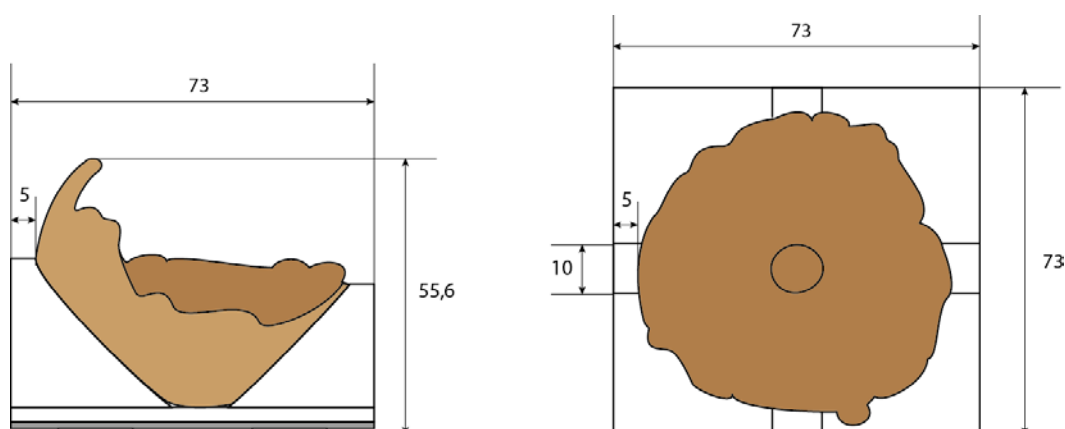


Abb. 60 Schematische Darstellung des Gefässes Lau.013.1/102.1 und seiner geplanten Stützstruktur aus Ethafoam® (weiss) und Wabenkarton (grau), Masse in cm.

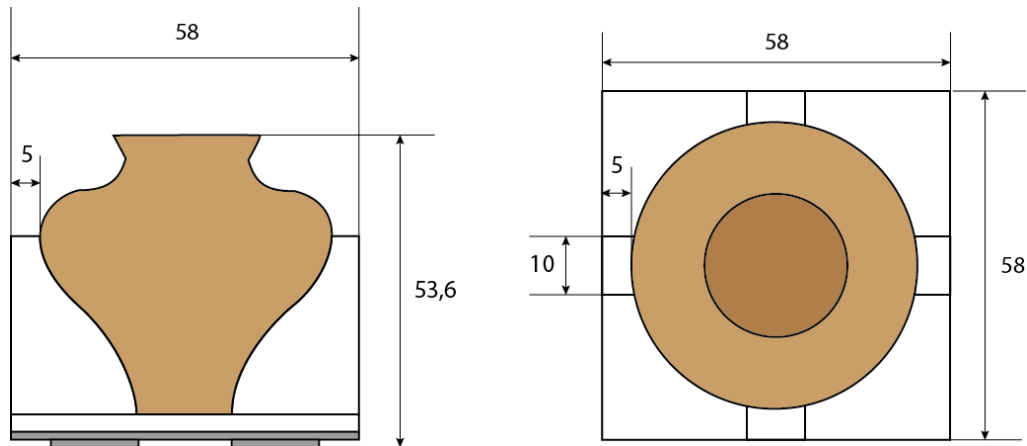


Abb. 61 Schematische Darstellung des Gefässes Lunkhofen 934.a. und seiner geplanten Stützstruktur aus Ethafoam® (weiss) und Wabenkarton (grau), Masse in cm.

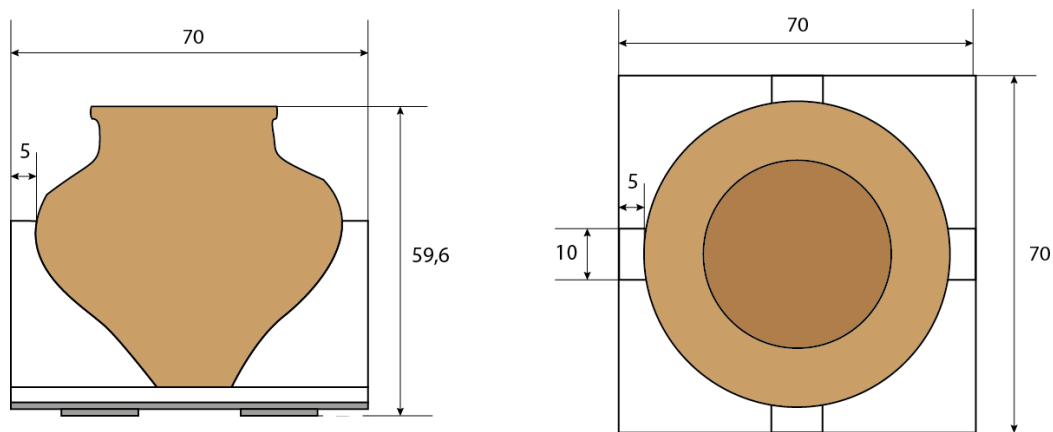


Abb. 62 Schematische Darstellung des Gefässes Ober-Endingen 2382 und seiner geplanten Stützstruktur aus Ethafoam® (weiss) und Wabenkarton (grau), Masse in cm.

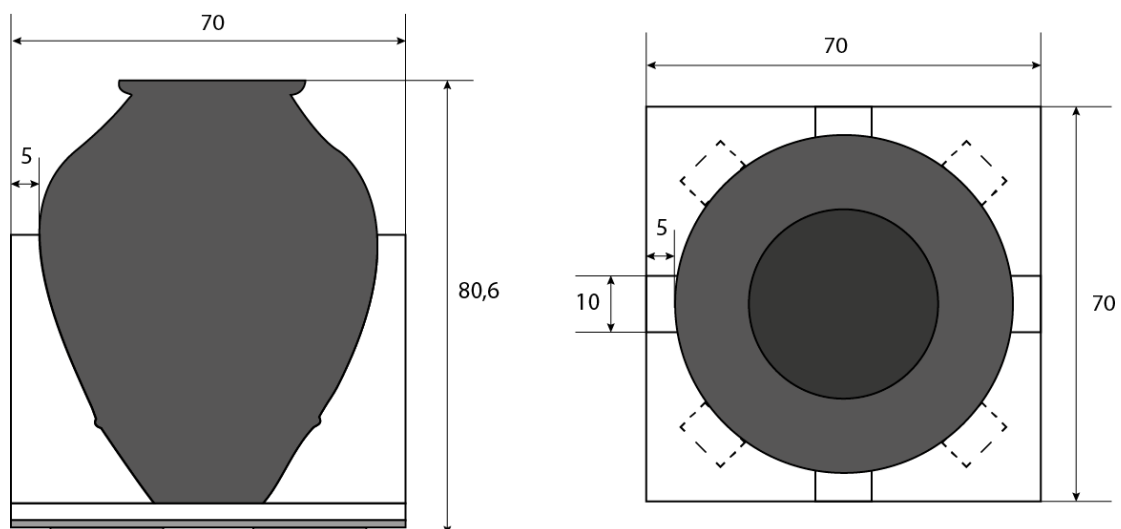


Abb. 63 Schematische Darstellung des Gefässes V.89.3/46.366 und seiner geplanten Stützstruktur aus Ethafoam® (weiss) und Wabenkarton (grau), Masse in cm.

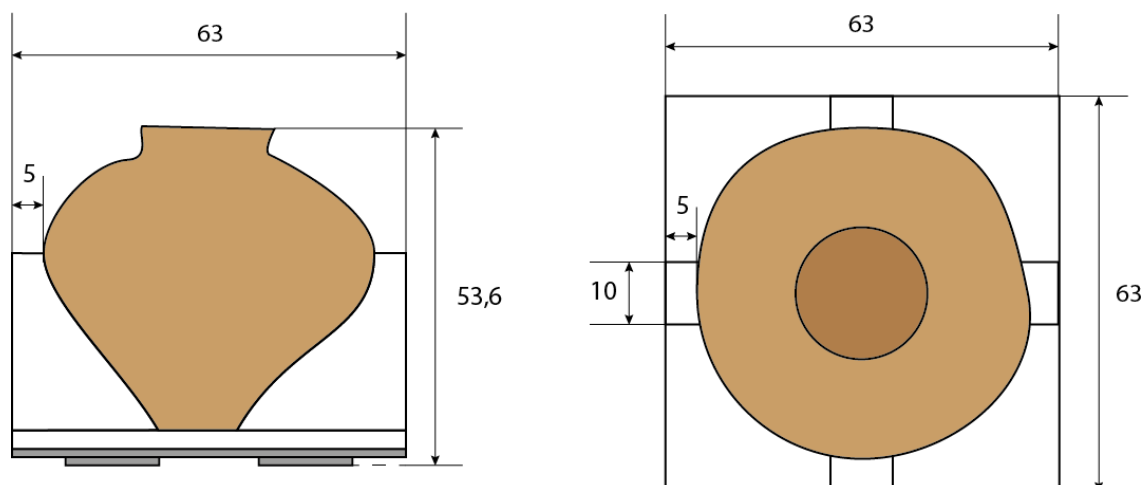


Abb. 64 Schematische Darstellung des Gefässes Zur.004.2/218.1 und seiner geplanten Stützstruktur aus Ethafoam® (weiss) und Wabenkarton (grau), Masse in cm.

Anhang 9: Plan der Schachtel

Abb. 65 Plan der Schachtel, welche für die Testreihe angefertigt wurde. Sie musste wegen ihrer Grösse in zwei Teilen hergestellt werden. Die Masse sind in cm angegeben.

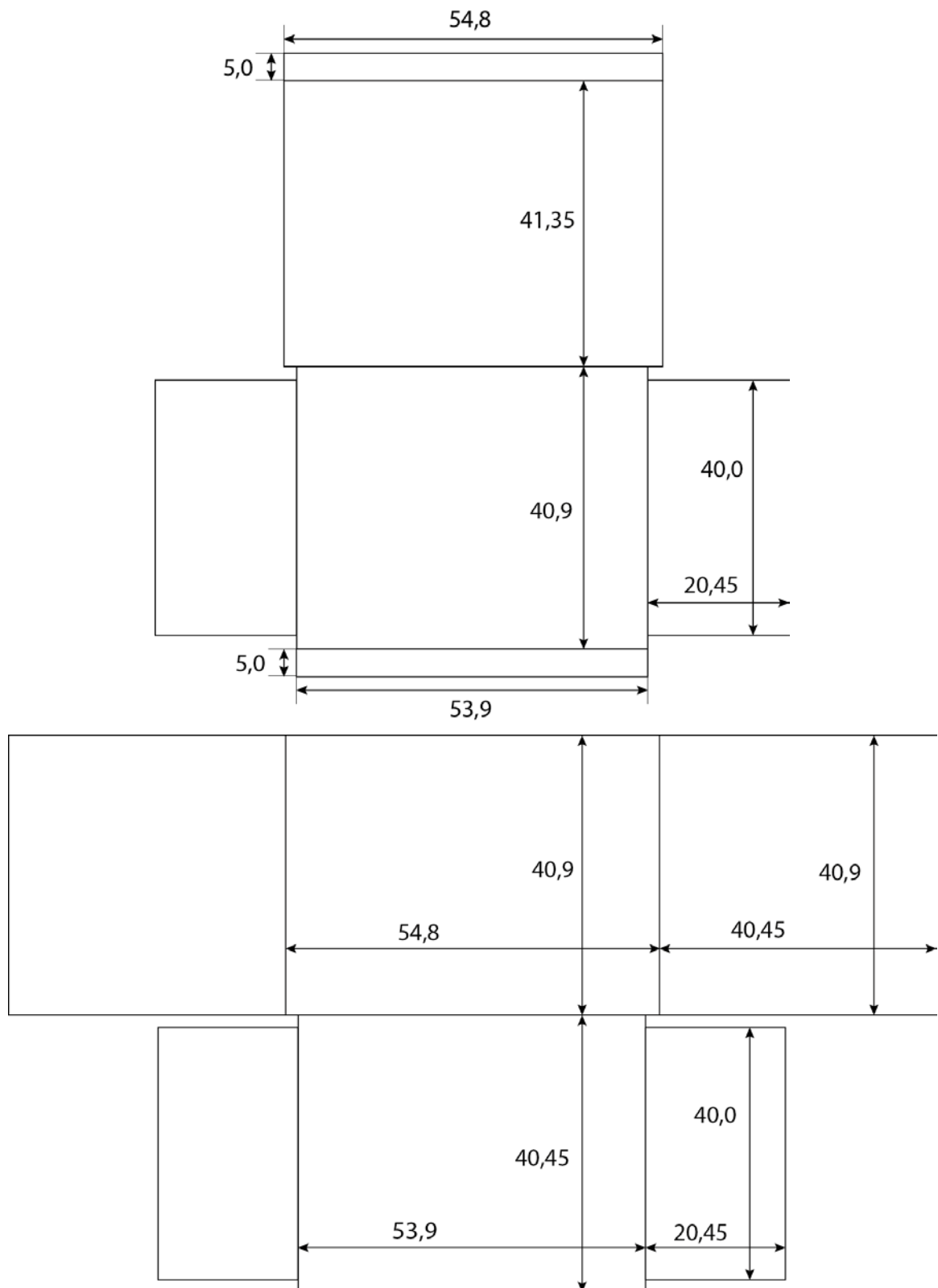
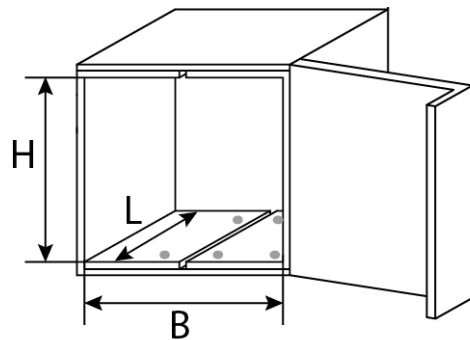
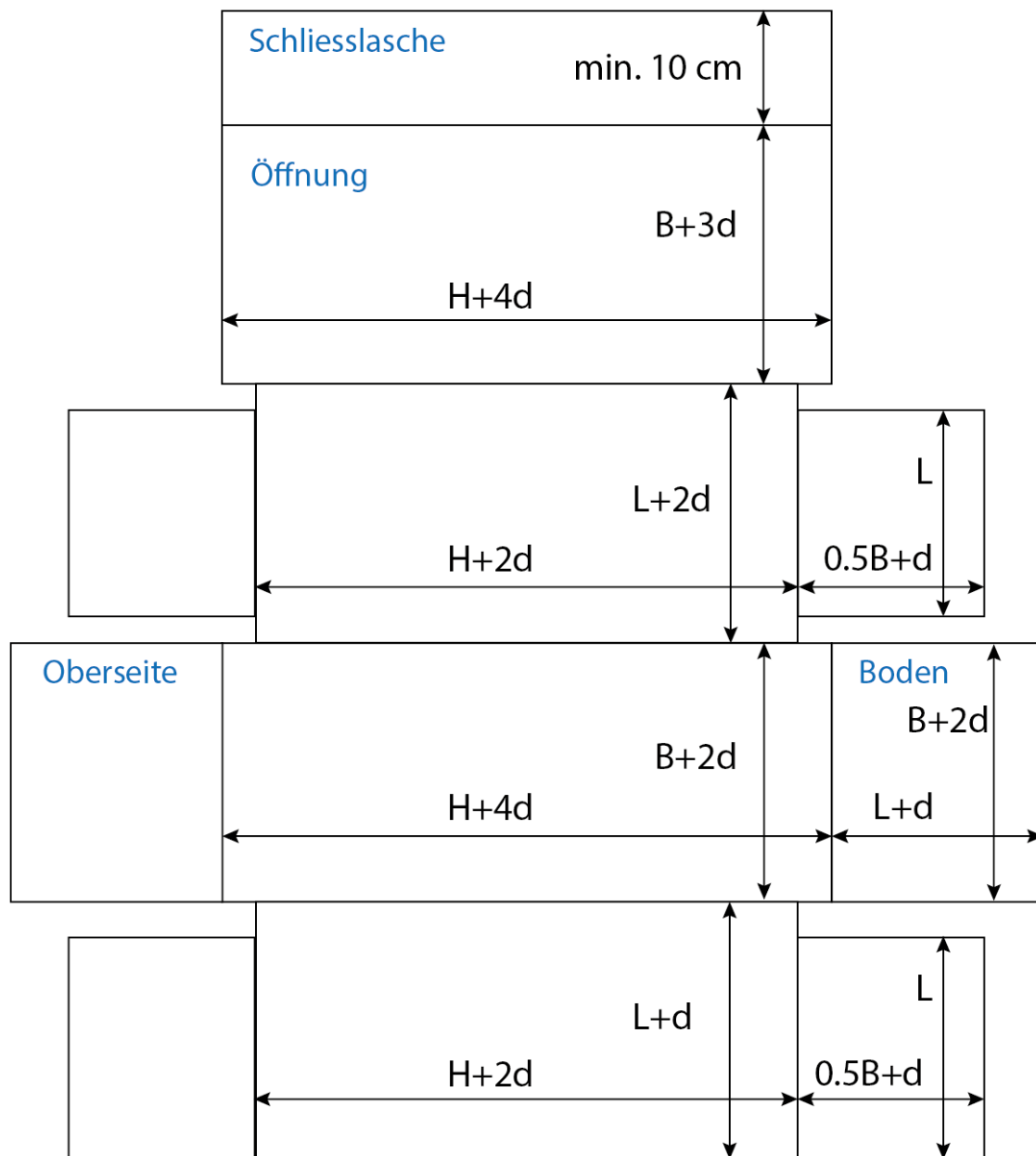


Abb. 66 Allgemeiner Plan für die Anfertigung der weiteren Schachteln. Die Innenmasse entsprechen den Dimensionen der Stützstruktur mitsamt Objekt.



H: Höhe innen
L: Länge innen
B: Breite innen
d: Dicke des Kartons



Anhang 10: Einstellungen des ShockLog®-Gerätes

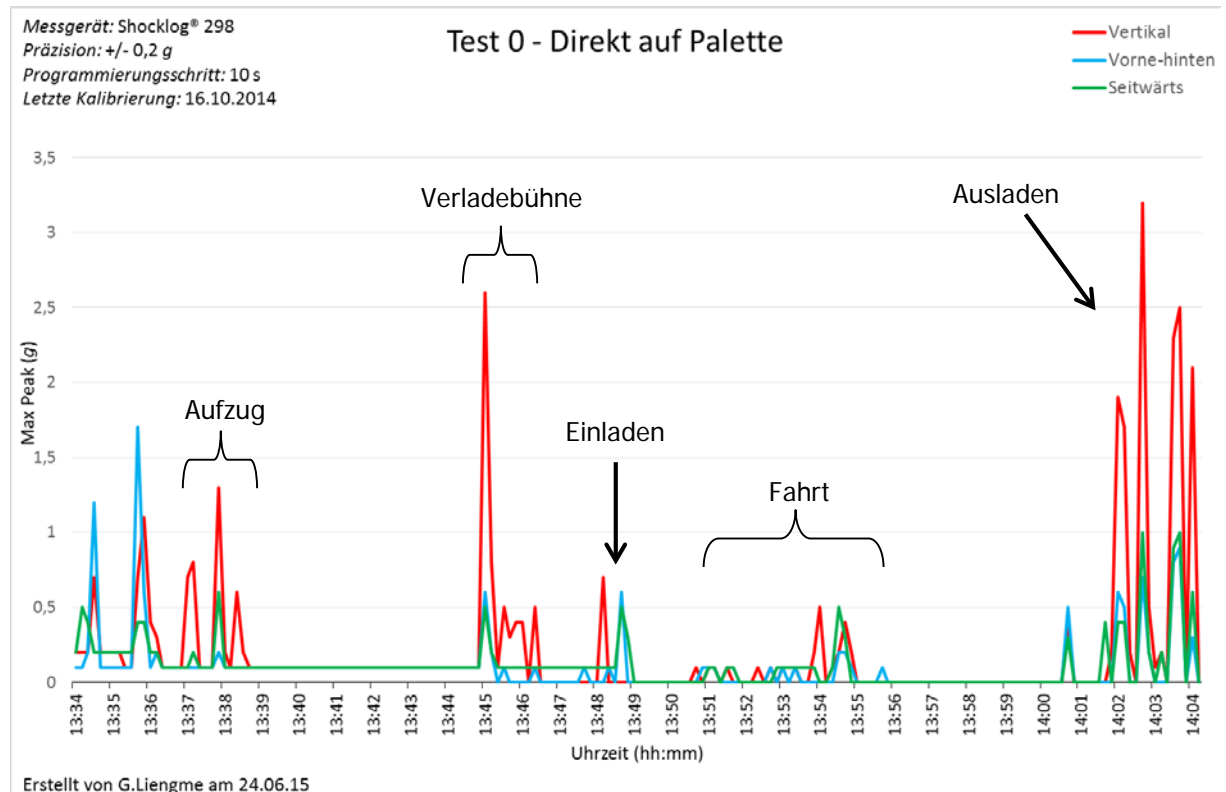
Die Einstellungen für die Testreihe zur Stossdämpfung wurden anhand der Beratung des Lieferanten Herr Emmanuel Bouvier von Tilt-Import gewählt. Das „Range“ entspricht der Sensibilität des Geräts und definiert bis zu welcher Beschleunigung (g) das Gerät die Daten speichert. Wird das „Range“ zu hoch gewählt, verliert man an Genauigkeit der gespeicherten Daten. Wird es hingegen zu niedrig gewählt, so werden die Werte, welche die Grenze um mehr als 20 % überschreiten nicht gespeichert, d.h. ist das „Range“ auf 10 g eingestellt, so wird ein Schock, der in Wirklichkeit 20 g betragen hätte, mit einem Wert von 11,9 g angezeigt. Für den Transporttest wurde das „Range“ auf 10 g eingestellt, da die Werte laut Herrn Bouvier in der Regel unter 5 g liegen – was durch den ersten Test (ShockLog® direkt auf der Palette befestigt) bestätigt wurde. Für den Falltest wurde es jedoch auf 100 g eingestellt, da die Werte bei einem Fall weit über 10 g liegen können.

Damit das Messgerät fortlaufend die Beschleunigung in alle drei Richtungen misst, muss man im Setup bei der „Events“-Einstellung im Abteil „Thresholds“ die Option „Link XYZ“ auswählen. Darauf kann man mit der „Wake“-Einstellung bestimmen, ab welchem Prozentsatz der oberen Grenze der Beschleunigung der Wert gespeichert und somit in den Slots angezeigt wird – hier 10 %. Die „Warn“-Einstellung definiert, ab welchem g -Wert die genaue Kurve gespeichert wird, also ein „Event“ passiert – hier 20 %. Wie lange das Gerät die Werte ab diesem Moment speichert, wird mit dem „Max. Record Time“ (maximale Aufnahmezeit) bestimmt – hier wurde er auf 1 Sekunde festgelegt.

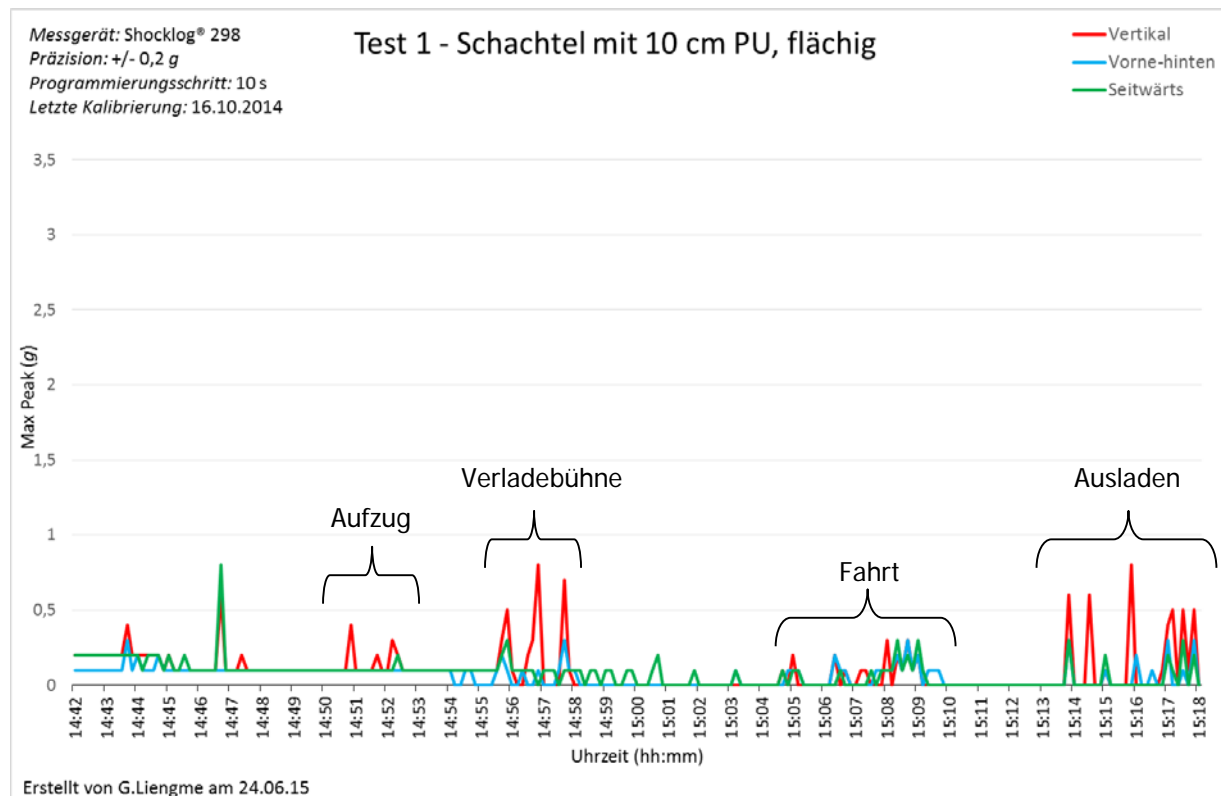
Solange der „Warn“-Wert nicht überschritten wurde, werden innerhalb eines Intervalls, der bei den „Slots“-Einstellungen festgelegt wird (hier: 10 Sekunden) nur der höchste Wert gespeichert und auf dem Graph angezeigt.

Anhang 11: Graphen zu den Testergebnissen

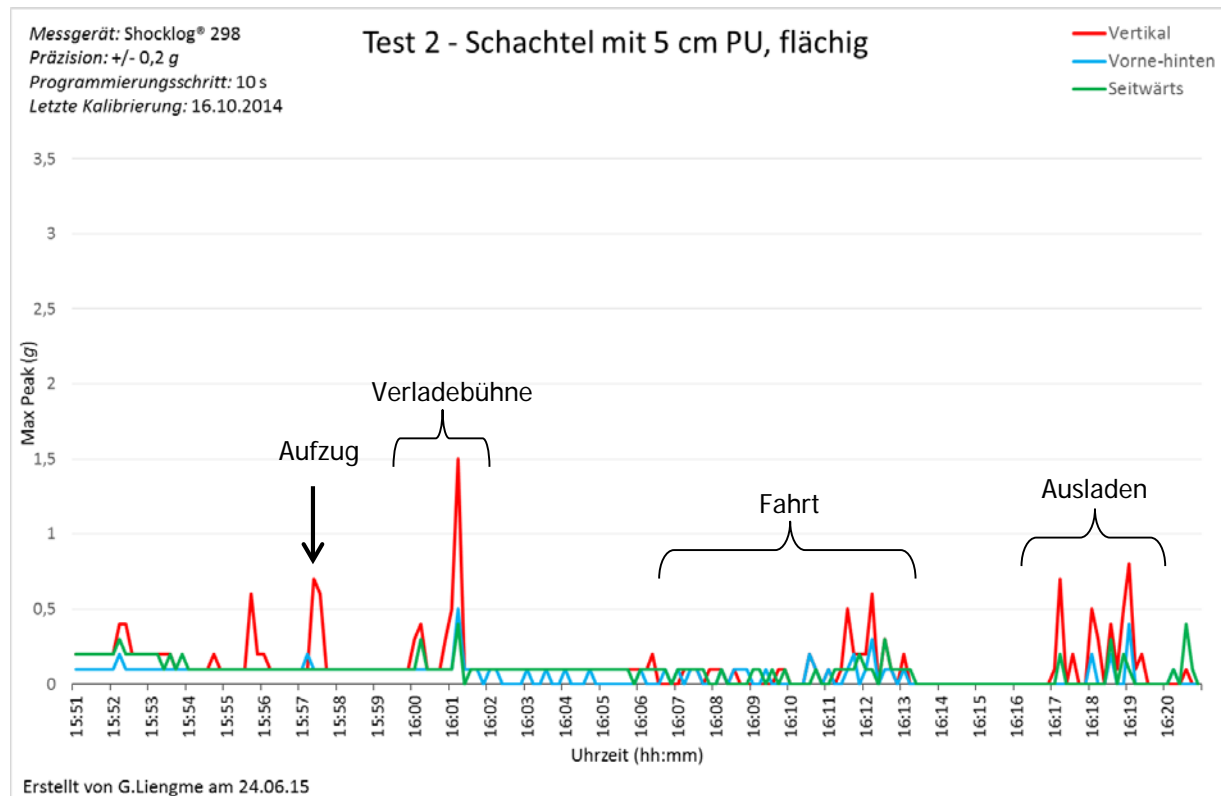
Graph 1 Test 0: Referenzwerte ohne Polsterung



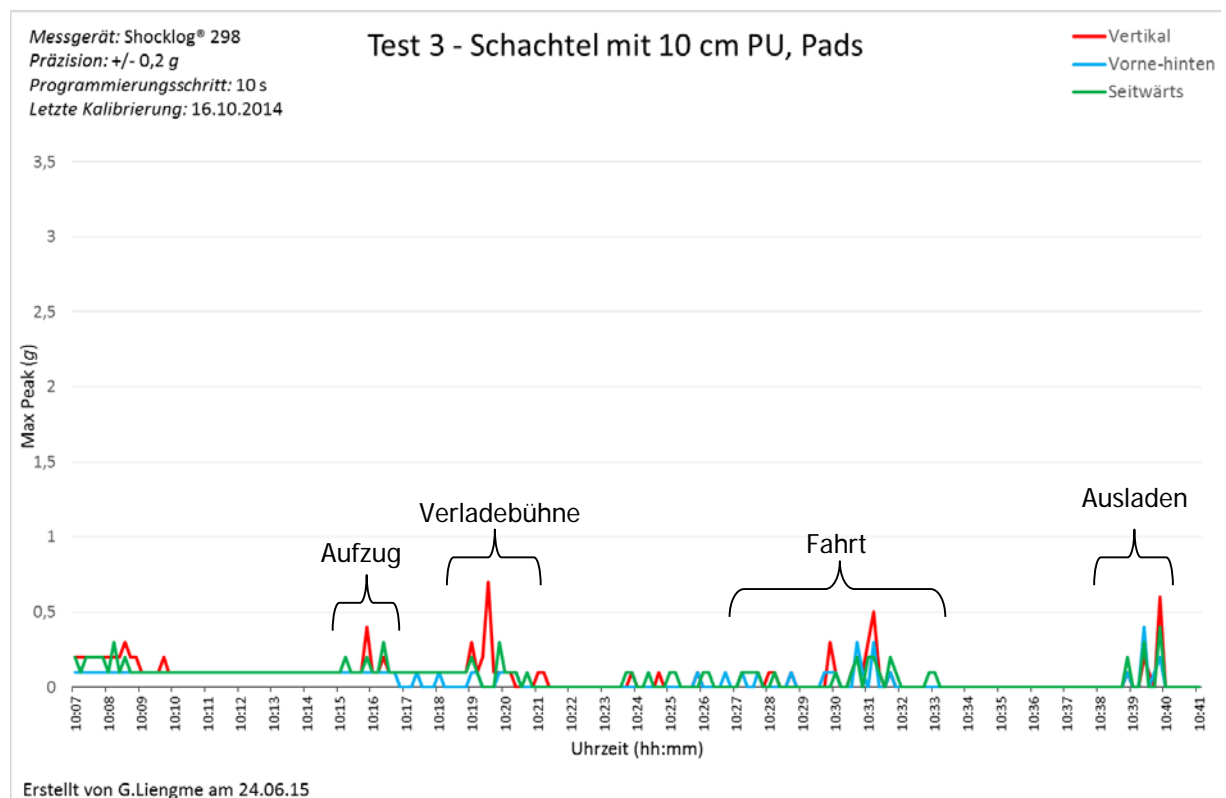
Graph 2 Test 1: Polsterung mit einem flächendeckenden 10 cm dicken Polyether-PU-Schaumstoff



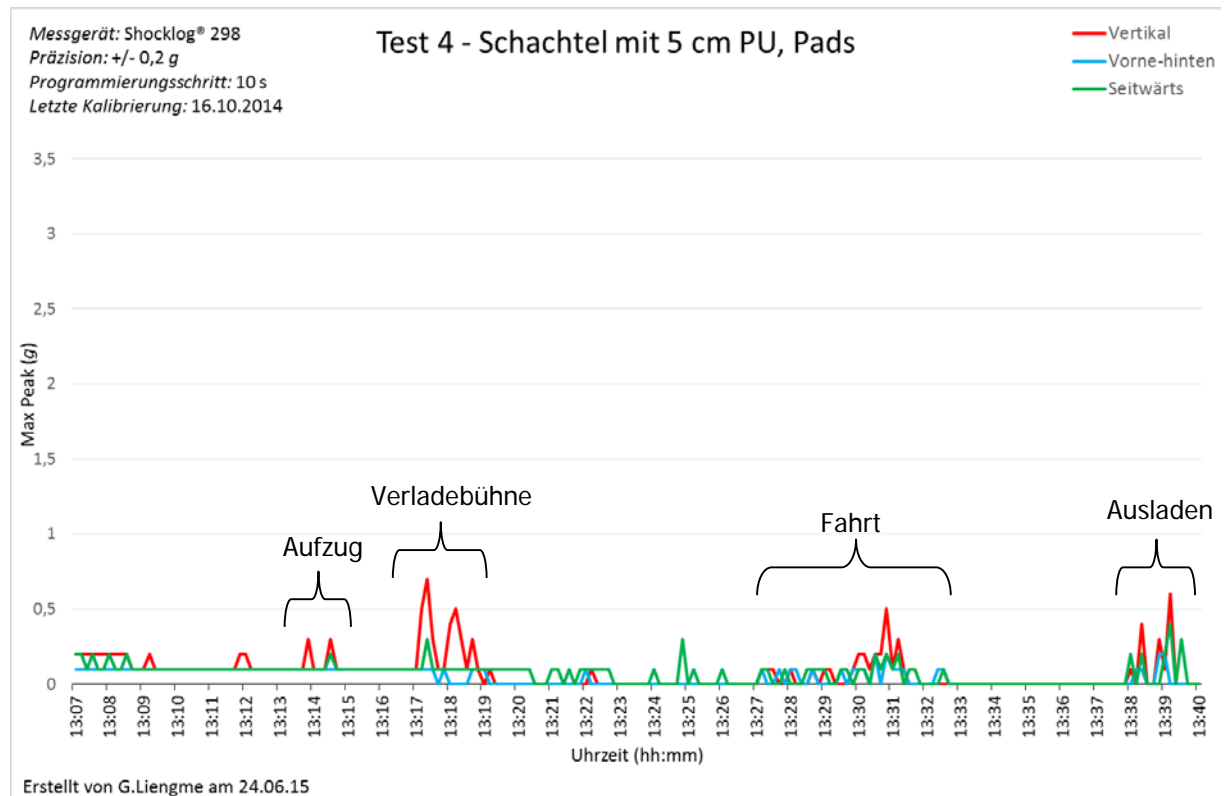
Graph 3 Test 2: Polsterung mit einem flächendeckenden 5 cm dicken Polyether-PU-Schaumstoff



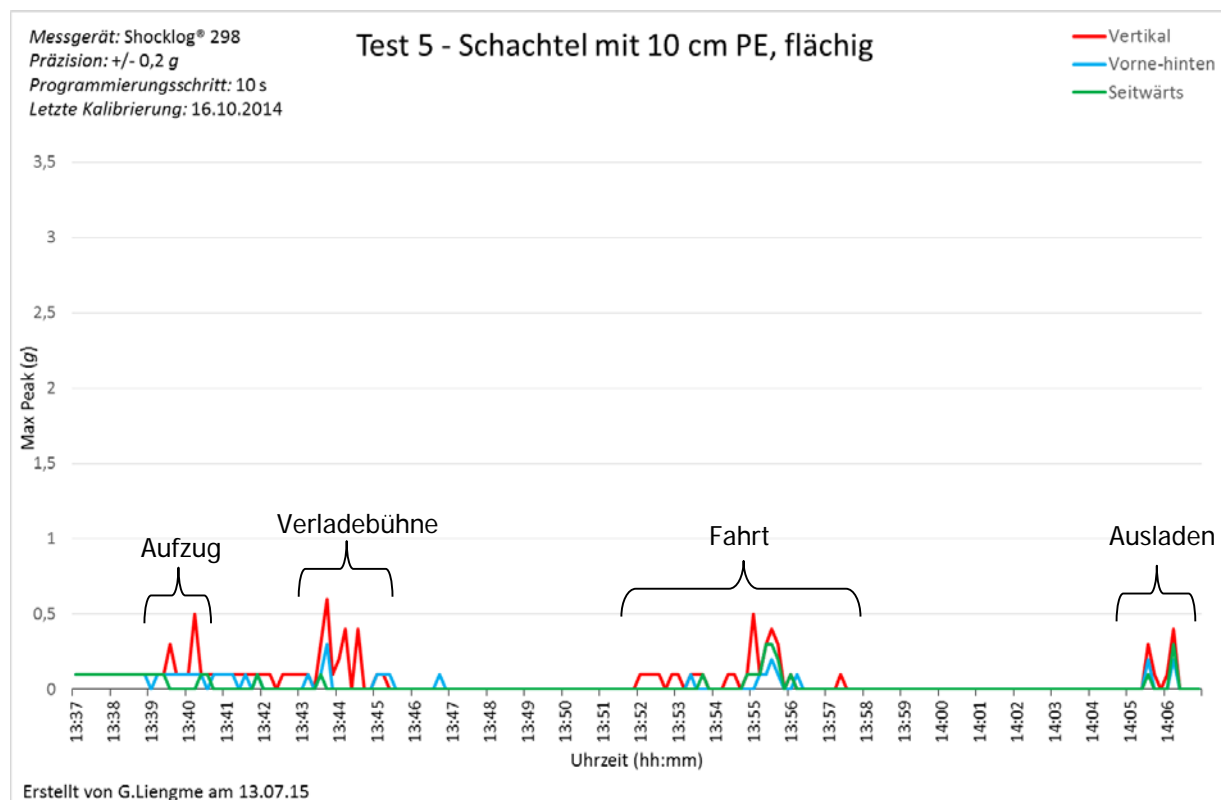
Graph 4 Test 3: Polsterung mit zwei 10 cm dicken Pads aus Polyether-PU-Schaumstoff



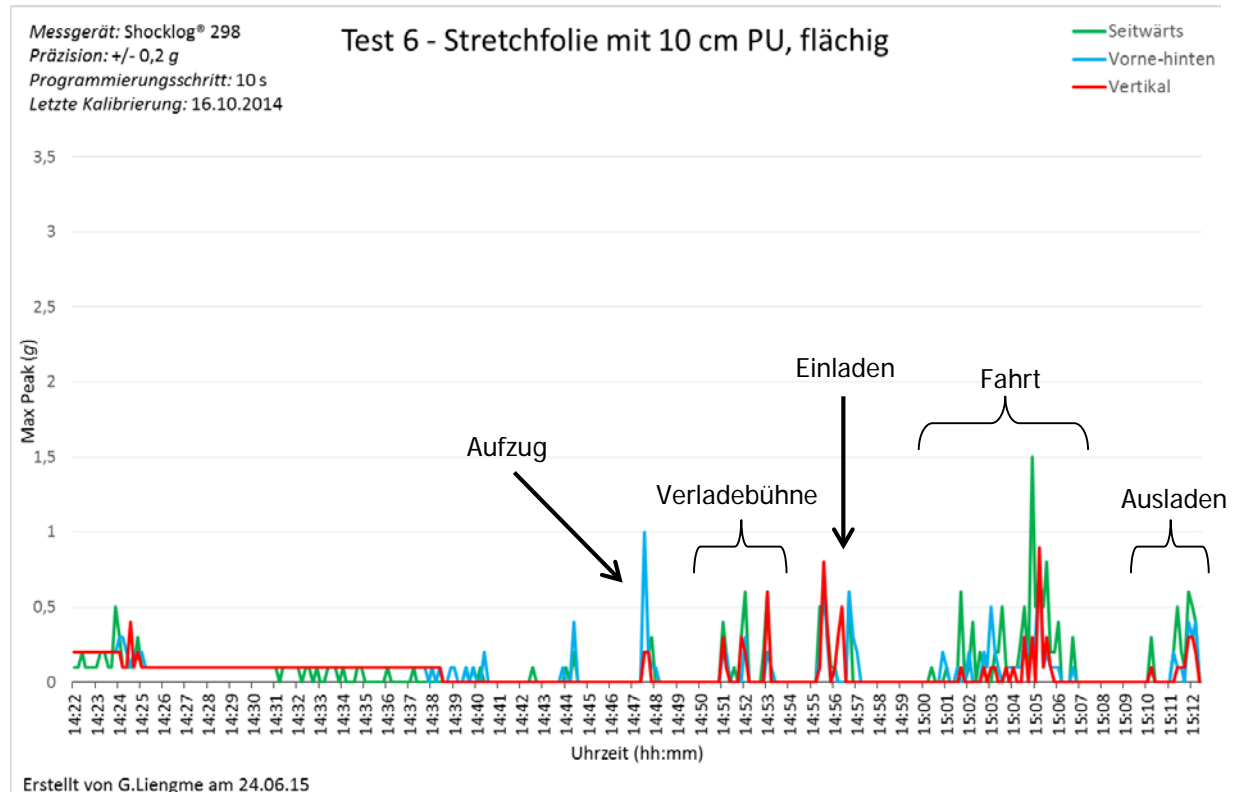
Graph 5 Test 4: Polsterung mit zwei 5 cm dicken Pads aus Polyether-PU-Schaumstoff



Graph 6 Test 2: Polsterung mit einem flächendeckenden 10 cm dicken PE-Schaumstoff (Ethafoam®)



Graph 7 Test 6: „Schnellverpackung“ mit Stretchfolie und einem flächendeckenden 10 cm dicken Polyether-PU-Schaumstoff



Graph 8 Test 7: „Schnellverpackung“ mit Stretchfolie und einem flächendeckenden 10 cm dicken Polyether-PU-Schaumstoff und Seitenpolsterung

